


NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 09082523 7

LA

REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
51090 Quai des Grands-Augustins, 55.

LA

REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE

J. BLONDIN,

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, PROFESSEUR AU COLLÈGE ROLLIN,

RÉDACTEUR EN CHEF.

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, P. BOURGUIGNON, COURTOIS, DA COSTA, JACQUIN, JUMAU, GOISOT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, RAVEAU, TURPAIN, etc.

TOME XIX.

Janvier-Juillet 1913.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

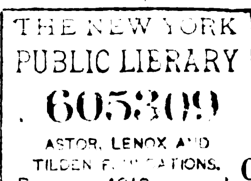
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1913



UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.



COMITÉ CONSULTATIF DE RÉDACTION :

MM. CHAUSSENOT, P. ESCHWÈGE, E. FONTAINE, R. LEGOUEZ, E. SARTIAUX, TAINTURIER, CH. DE TAVERNIER.

COMITÉ DE PATRONAGE :

MM.

GUILLAIN, Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
CORDIER, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
ESCHWÈGE, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
MARQUISAN, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
LEGOUEZ, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
BEAUVOIS-DEVAUX, Trésorier de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
AZARIA, Administrateur délégué de la Compagnie générale d'Électricité.
D. BERTHELOT, Président de la Société d'Électricité de Paris.
BRACHET, Directeur de la Compagnie d'éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées.
BRYLINSKI, Directeur du Triphasé.
CARPENTIER, Membre de l'Institut, Constructeur électricien.
A. COZE, Directeur de la Société anonyme d'éclairage et de chauffage par le gaz de la ville de Reims.
GENTY, Président de l'Est-Lumière.
HARLÉ, de la Maison Sautter, Harlé et Cie.
HENNETON, Ingénieur-Conseil.
HILLAIRET, Constructeur électricien.
JAVAUX, Président du Conseil, Directeur de la Société Gramme.
F. MEYER, Directeur de la Compagnie continentale Edison.
MEYER-MAY, Directeur à la Société industrielle des Téléphones.
MILDÉ, Constructeur électricien.
POSTEL-VINAY, Constructeur électricien.
E. SARTIAUX, Ingénieur électricien.
SCIAMA, Administrateur-Directeur de la Maison Bréguet.
CH. DE TAVERNIER, ancien Directeur du Secteur électrique de la Rive gauche.
ZETTER, Directeur de l'Appareillage électrique Grivolas.
E. FONTAINE, Secrétaire de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

Tome XIX. **N° 217. — 3 janvier 1913.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Durant la quinzaine qui vient de s'écouler, nous avons eu la douleur de perdre l'un de nos plus anciens rédacteurs : Gustave Richard est mort le 19 décembre dans sa 63ᵉ année.

Ancien élève de l'École des Mines, Gustave Richard se lança de bonne heure dans le journalisme technique. Dès 1881, il entrait à la rédaction de *La Lumière électrique*, que venait de fonder le fameux Dʳ Cornélius Herz. Ses articles furent tout d'abord consacrés aux machines motrices, sujet dans lequel ses occupations d'ingénieur lui avaient permis d'acquérir une grande compétence. Il se consacra ensuite presque exclusivement aux applications mécaniques de l'électricité. Grâce à une documentation remarquable, puisée dans la lecture des brevets et des périodiques étrangers, ses articles contenaient toujours une foule de renseignements que, par un style tout à fait personnel, il présentait avec une extrême concision.

Lorsqu'en 1894 nous prîmes la direction technique de *L'Éclairage électrique*, fondé pour remplacer *La Lumière électrique*, nous fûmes heureux de trouver en Gustave Richard un collaborateur dévoué à la cause de l'électricité et il continua à présenter dans ce journal les revues d'ensemble sur les applications mécaniques et les machines motrices.

Sa nomination comme secrétaire général de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale ouvrit un nouveau champ à son activité. Dès son entrée en fonctions il donna une impulsion vigoureuse au *Bulletin* de cette Société et, aussi bien par ses articles personnels que par les remarquables mémoires originaux qu'il parvint à recueillir, il fit de ce périodique un des plus importants organes de la technique française.

Mais le cadre du *Bulletin* ne suffisant bientôt plus à la publication de ces mémoires, Gustave Richard songea à la création d'un nouveau périodique. Avec le concours des maîtres de la Mécanique, avec l'aide de la librairie Dunod et Pinat, il fonda en 1897 *La Revue de Mécanique*, dont il fut le secrétaire de la rédaction et où, chaque mois, il publiait des chroniques très documentées sur les sujets les plus variés de la Mécanique appliquée.

Le nombre des articles qu'a écrits Gustave Richard dans ces divers recueils est véritablement prodigieux. Mais à mesure qu'il étendait ses publications sur la Mécanique, il était obligé de res-

treindre celles concernant l'Électricité. Aussi, malgré son extraordinaire puissance de travail, Gustave Richard n'a-t-il pu continuer longtemps dans *La Revue électrique* la collaboration active qu'il nous avait accordée auparavant. Mais si sa signature était rare, ses conseils étaient fréquents, et jusqu'au dernier moment il apporta sa contribution au développement de ce journal, à la fondation duquel il n'avait pas été étranger.

Gustave Richard n'était pas seulement un écrivain scientifique de premier ordre. D'un caractère droit et affable, il apportait dans ses fonctions délicates de secrétaire de la Société d'encouragement un tact et une aménité qu'ont pu apprécier tous ceux qui l'ont approché. Puissent les regrets unanimes de ceux qui l'ont connu apporter quelque adoucissement à la douleur de sa veuve et de ses enfants.

*
* *

Nos lecteurs trouveront pages 10 à 19 l'article sur **le moteur Diesel** que nous annoncions dans notre dernier numéro; il est dû à M. A. Bochet qui, depuis de longues années déjà, s'est consacré presque entièrement à développer les applications de ce moteur dans la marine et l'industrie.

Après avoir montré par les diagrammes entropiques comment on peut augmenter le rendement des moteurs à combustion interne par une compression initiale élevée, M. Bochet indique le cycle que M. Diesel s'était proposé et celui que les exigences de la pratique l'ont forcé à adopter. Un historique fort court sur les perfectionnements apportés au moteur Diesel, l'amène à décrire une modification de détail fort intéressante dans le dispositif d'injection du liquide combustible. Il termine par la description du moteur Diesel à deux temps et par une énumération succincte des applications du moteur Diesel dans l'industrie électrique. Sous une forme concise, cette étude met nos lecteurs au courant de l'état actuel de ce moteur.

*
* *

Une nouvelle contribution vient d'être apportée à la **théorie de la commutation**, par M. R. Swyngedauw (p. 19 et 20). Arnold avait déjà montré que le mouvement dans le champ transversal de l'induit de la section court-circuitée par un balai engendre dans les spires de cette section une force électromotrice qui s'oppose à une bonne commutation. M. Swyngedauw montre que la variation des ampères-tours longitudinaux qui résulte de ce mouvement engendre une autre force électromotrice opposée à la précédente et par conséquent favorisant la commutation. Ces deux forces électromotrices peuvent, dans certains cas particuliers, s'équilibrer, mais ont en général, des valeurs différentes.

*
* *

La **détermination des pertes à vide** des machines dynamo-électriques s'effectue généralement en étudiant le mouvement ralenti que prend la machine lorsque, ayant lancé celle-ci à sa vitesse normale, on supprime le couple moteur.

Ce procédé exige que l'on mesure avec précision la vitesse angulaire de la machine, à divers instants, pendant la durée du mouvement ralenti. Or, cette durée est courte quand le moment d'inertie du rotor est faible. Les mesures de vitesse angulaire au compte-tours laissent par suite à désirer, au point de vue de la précision, lorsqu'il s'agit de petites machines; d'ailleurs, dans tous les cas, elles sont fastidieuses et seraient avantageusement remplacées par des lectures sur un indicateur de vitesse.

Une petite dynamo à courant continu, à excitation constante, montée en bout de l'arbre de la machine, permet, comme on sait, de réaliser commodément un indicateur de vitesse, puisqu'il suffit de lire sur un voltmètre la force électromotrice de cette dynamo pour avoir, à un facteur de proportionnalité près, la valeur de la vitesse. Mais on peut faire mieux et avoir, non seulement la valeur de la vitesse, mais encore la variation négative ou positive de cette vitesse en fonction du temps. Il suffit pour cela de mettre en série avec la dynamo un circuit comprenant un condensateur et un ampèremètre : le courant de charge du condensateur étant à chaque instant proportionnel à la dérivée de la force électromotrice par rapport au temps, l'ampèremètre indique, toujours à un facteur près, la valeur de cette dérivée et par suite celle de la vitesse.

C'est ce dispositif que préconise M. A. Ytterberg dans un article récent dont une analyse est donnée pages 36 à 39.

En prenant un condensateur de capacité convenable et un ampèremètre à grand amortissement suffisamment sensible, on peut, d'après l'auteur, évaluer des variations très faibles et très rapides de la vitesse. Le dispositif serait donc applicable non seulement à la détermination des pertes à vide d'une machine dynamo-électrique, mais encore à celle des variations de vitesse périodiques qu'éprouve un alternateur commandé par un moteur à piston, à gaz ou à vapeur, tant par suite de l'irrégularité du moteur que par suite des variations du couple des forces électromagnétiques pendant une période du courant. J. B.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : 7, rue de Madrid, Paris (8e). — Téléph. { 549.49. / 549.62.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité; Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité; Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Premier Bulletin bimensuel de 1913.

Sommaire : Avis concernant l'examen pour l'obtention du certificat d'aptitude au contrôle des distributions municipales d'énergie électrique, p. 44.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue d'Édimbourg, 9.

Téléphone : 507-59.

Premier Bulletin bimensuel de 1913.

Sommaire : Service de placement, p. 7. — Revision annuelle des listes des adhérents et établissements adhérents, p. 7. — Bibliographie, p. 7. — Offres d'emplois, p. xli. — Demandes d'emplois, p. xli.

Service de placement.

Nous rappelons à Messieurs les industriels membres du Syndicat que le service de placement est à leur disposition en vue de leur signaler des candidats, munis de références, pour les emplois qui seraient vacants dans leur Maison. Nous les prions, en conséquence, de bien vouloir nous indiquer le personnel dont ils auraient besoin pour que nous les aidions à le trouver.

Revision annuelle des listes des adhérents et établissements adhérents.

Les tableaux servant à préparer les élections des représentants des Sections professionnelles à la Chambre syndicale devant être dressés au commencement du mois de janvier, nous prions les *Etablissements adhérents* qui auraient des modifications à apporter à leur inscription dans les Sections ou au nombre de leurs ouvriers; ainsi que MM. les *Membres adhérents à titre personnel*, qui auraient à signaler des distinctions honorifiques nouvelles, des changements de situation ou de domicile, de bien vouloir en informer le Secrétariat *avant le* 15 *janvier*.

Nous comptons sur le concours de tous les adhérents pour attirer l'attention des électriciens qui ne font pas encore partie de notre Syndicat sur l'intérêt qu'ils ont à demander de suite leur admission, de façon qu'elle puisse être présentée à la séance de janvier de la Chambre syndicale, et qu'ils puissent être inscrits sur les listes pour 1913.

Bibliographie.

MM. les Membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les Annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° *Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans les immeubles et leurs dépendances;*

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;

7° Le Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 200 volts;

8° La brochure sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

9° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat professionnel des industries électriques (édition de 1907);

10° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Annuaire* de 1912, p. 104);

11° L'affiche « Conseils pour éviter la tuberculose »;

12° Affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

13° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et les principaux décrets, arrêtés, circulaires relatifs à l'application de cette loi (par brochures séparées);

14° *Arrêté technique du* 21 *mars* 1911, en application de la loi du 15 juin 1906;

15° Imprimés préparés pour *demandes de concession* de distribution d'énergie électrique (conformes au Cahier des charges type);

16° États de renseignements à fournir à l'appui d'une demande (annexe n° 3 à la circulaire ministérielle du 25 octobre 1908);

17° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris;

18° Renseignements relatifs à l'application de la loi du 5 avril 1901 sur les retraites ouvrières et paysannes;

19° Renseignements relatifs au fonctionnement de la Caisse syndicale de retraites des forges, de la construction mécanique, des industries électriques et de celles qui s'y rattachent.



SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.
Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.
Téléphone : 225-92.

PREMIER BULLETIN BIMENSUEL DE 1913.

SOMMAIRE : Procès-verbal de la Chambre syndicale du 26 novembre 1912, p. 8. — Liste des nouveaux adhérents, p. 9. — Compte rendu bibliographique, p. 9. — Bibliographie, p. 9. — Liste des documents publiés à l'intention des membres du Syndicat, p. 9.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre syndicale du 26 novembre 1912.

La séance est ouverte à 2 h.

Présents : MM. Brylinski, président d'honneur; Eschwège, président; Brachet, vice-président; Fontaine, secrétaire général; Sée, de Tavernier.

Absents excusés : MM. F. Meyer, président d'honneur; Beauvois-Devaux, trésorier; Legouez, Mondon, Tricoche.

Il est rendu compte de la situation de caisse.

DISTINCTIONS HONORIFIQUES. — A l'ouverture de la séance, divers membres de la Chambre syndicale se font l'écho de leurs collègues pour féliciter les ancien Président et Président du Syndicat et membres de la Chambre syndicale des distinctions honorifiques qu'ils viennent d'obtenir : MM. Brylinski, Cordier et Legouez ont été promus officiers de la Légion d'honneur; MM. Bizet, Cahen, Eschwège et Zetter ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

La Chambre syndicale s'associe également aux félicitations qui ont été adressées à M. de Préaudeau, président du Comité permanent d'électricité, promu commandeur de la Légion d'honneur, et à M. Weiss, directeur des Mines et des distributions d'énergie électrique au Ministère des Travaux publics, des Postes et Télégraphes, promu officier de la Légion d'honneur.

CORRESPONDANCE ET TRAVAUX INTÉRIEURS. — La correspondance échangée avec les membres du Syndicat a porté principalement sur la question des polices d'abonnement et leur approbation par les pouvoirs concédants, sur l'éclairage des bureaux de poste, le mode de paiement des fournitures communales, les installations intérieures, les questions d'enregistrement, le monopole de force motrice, l'élagage des arbres, le droit d'appui sur les immeubles, les impôts, les assurances incendie, etc.

Des adhésions ont été sollicitées et obtenues. Le service du placement indique 9 offres, 4 demandes et 5 placements réalisés.

ADMISSIONS. — M. le Président donne la parole à M. le Secrétaire général pour faire part des propositions d'admission.

Les membres présentés dans la précédente séance ont été admis après l'accomplissement des formalités statutaires.

COMPTE RENDU DES SÉANCES DES COMMMISSIONS. — *Commission Technique.* — M. le Président indique que cette Commission a formé une Sous-Commission pour l'étude des applications agricoles de l'électricité. Cette Sous-Commission propose de faire au concours agricole de février 1913, une exposition d'applications électriques.

Commission d'étude des questions nouvelles. — M. de Tavernier indique qu'un modèle de brochure de propagande demandé par des adhérents sera préparé par un des membres de la Commission et soumis à la Chambre syndicale avant la fin de l'année. Ce modèle pourra servir de schéma; chaque station aura ensuite la faculté de le compléter selon les circonstances locales.

Commission des canalisations souterraines. — Un rapport a été demandé à M. de Lagorce sur les essais à effectuer pour déterminer la densité du courant dans les câbles armés.

Commission de Statistique. — M. le Président rend compte que la Commission de Statistique s'est réunie et a arrêté divers modèles pour les enquêtes statistiques et les tableaux les résumant. Les résultats obtenus seront résumés d'abord surtout pour les départements limitrophes du département de la Seine et, dès que la forme des tableaux sera arrêtée, l'enquête se poursuivra de proche en proche.

Commission des questions d'exploitation administrative et commerciale. — Sur la demande de M. Sée, cette Commission sera convoquée pour le mercredi 4 décembre, à 2 h 30 m.

DOCUMENTS OFFICIELS. — M. le Secrétaire général communique à la Chambre syndicale les documents suivants :

Arrêtés du 20 octobre 1912 modifiant le nombre des secrétaires de la Commission des distributions d'énergie électrique et nommant M. Defline comme secrétaire (*Journal officiel* du 31 octobre 1912). Décret du 23 octobre 1912 modifiant le décret du 28 décembre 1909 déterminant les travaux interdits aux enfants et aux femmes employées dans l'industrie et le commerce (surcharges) (*Journal officiel* du 5 novembre 1912). Arrêté du 31 octobre 1912 nommant M. Féret de Longbois membre de la Commission instituée au Ministère des Finances en vue d'étudier les moyens à employer pour établir la péréquation des taxes relatives aux divers modes d'éclairage (*Journal officiel* du 6 novembre 1912). Circulaire du Ministère des Travaux publics, des Postes et Télégraphes, en date du 1er octobre 1912, relative à l'établissement, par permission de voirie, de canalisations et ouvrages de distribution ou de transport d'énergie électrique. Arrêtés de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et Télégraphes, approuvant divers types de compteurs d'énergie électrique (*Journal officiel* du 15 novembre 1912).

M. le Président fait part que le Conseil supérieur du Travail s'est réuni pour sa vingt-deuxième session dans le courant du mois de novembre. Les résultats des discussions ont été condensés dans un dossier comportant les extraits du *Journal officiel* et mis à la disposition des membres de la Chambre syndicale.

LIGNES TÉLÉPHONIQUES INDUSTRIELLES. — Connaissance prise de la question qui a été posée par M. Coste relativement aux lignes téléphoniques, la Chambre syndicale décide que cette question sera transmise au Comité de l'Union dans sa prochaine séance.

UNITÉS ÉLECTRIQUES ET CONTROLE DES COMPTEURS. — Les lettres des 29 et 30 octobre de M. Guillain, président de l'Union des Syndicats de l'Electricité, à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, en réponse à la circulaire

du 20 août 1912, sont communiquées à la Chambre syndicale.

EXPOSITION DE GAND. — La Chambre syndicale décide de prendre part à l'Exposition de Gand à laquelle elle est sollicitée de participer dans les mêmes conditions qu'aux précédentes expositions.

ASSURANCES. INCENDIE. REVISION DES CONDITIONS GÉNÉRALES. — Comme suite aux renseignements qui ont été donnés à la Chambre syndicale. M. le Président annonce que M. Doucerain, assureur conseil du Syndicat, prépare un rapport qui sera communiqué à la Commission des questions d'exploitation administrative et commerciale et soumis ensuite à la Chambre syndicale.

COURS DES CHARBONS. — M. le Président indique que divers membres de la Chambre syndicale se sont préoccupés des moyens de remplacer les indications des adjudications des chemins de fer de l'Etat belge dont les chiffres servaient de base dans certains contrats. Il a été examiné s'il ne serait pas possible de prendre les prix des chemins de fer de l'Etat français, tels qu'ils résultent des statistiques fournies, et d'en faire la comparaison avec ceux de l'Etat belge ainsi que des prix sur carreau dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais. On obtient ainsi trois courbes dont deux sont sensiblement parallèles. M. Cahen fournit également des indications sur le prix moyen des mines tel qu'il résulte de la « Statistique de l'Industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie », publiée chaque année par le Ministère des Travaux publics.

Cette question est renvoyée à la Commission des questions d'exploitation administrative et commerciale.

ASSOCIATION DE DOCUMENTATION BIBLIOGRAPHIQUE — A la suite des communications qui lui sont faites relativement à cette Association, la Chambre syndicale décide de demander son inscription comme membre titulaire.

STATISTIQUE FINANCIÈRE DU SYNDICAT. — Il est rendu compte des résultats comparatifs obtenus par la publicité dans les *Annuaires* 1911 et 1912 ainsi que des résultats donnés par le contrat avec *La Revue électrique*.

Le budget sera présenté à la prochaine séance de la Chambre syndicale. Le tableau résumant la totalité des recettes et des dépenses depuis le commencement de l'année sera également soumis à la Chambre syndicale.

FÉDÉRATION DES INDUSTRIELS ET DES COMMERÇANTS FRANÇAIS. — Le Bulletin de novembre 1912 de cette Fédération contient des études sur la grève cas de force majeure, sur les poids et mesures, sur les bourses de Commerce, les chèques postaux, etc.

BIBLIOGRAPHIE. — M. le Secrétaire général dépose sur le bureau de la Chambre syndicale l'*Annuaire* 1912 du Syndicat professionnel des Industries électriques.

La Chambre syndicale renvoie à la Commission technique l'article paru dans le *Journal des Usines à gaz* sur l'action physiologique de certaines lampes électriques aux rayons violets et ultra-violets.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 15 décembre 1912.

Membres actifs.

MM.

BAUDRY (Charles), Directeur d'usine électrique, Saint-Macaire-en-Mauges (Maine-et-Loire), présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

THÉVENIN (Georges), Ingénieur de la maison Carpentier, Rivière et Cie, Ingrandes-sur-Loire (Maine-et-Loire), présenté par MM. Eschwège et E. Fontaine.

Membre correspondant.

GIRARD (Gaston), Contremaître mécanicien électricien 78, rue de Paris, Asnières (Seine), présenté par MM. Echwège et Fontaine.

Usine.

Usine électrique de Lœuilly (Somme).

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations, comme aussi de tous les livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.

Bibliographie.

1° Collection complète des Bulletins de 1896 à 1907;

2° Loi du 9 avril 1898, modifiée par les lois des 22 mars 1902 et 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail;

3° Décrets portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 9 avril 1898;

4° Circulaire ministérielle du 24 mai 1911, relative aux secours à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs d'énergie électrique (affiche destinée à être apposée exclusivement à l'intérieur des usines et dans leurs dépendances);

5° Circulaire analogue à la précédente (affiche destinée à être apposée à l'extérieur des usines, à la porte des mairies, à l'intérieur des écoles et dans le voisinage des lignes à haute tension).

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

FORCE MOTRICE.

Le moteur Diesel.

Le développement du moteur Diesel dans les diverses branches de ses applications sollicite à juste titre l'attention des électriciens.

Les motifs du succès de ce système ressortent clairement de son étude et de sa comparaison avec les autres machines.

Les moteurs utilisant les combustibles liquides ou gazeux peuvent fonctionner de diverses manières :

1° Comme dans la première machine de Lenoir, le piston peut aspirer pendant une partie de sa course une certaine quantité de mélange détonant. L'allumage se produit dès la fin de l'aspiration, alors que le mélange se trouve sensiblement à la pression atmosphérique. L'explosion, puis la détente consécutive agissent sur le piston pour le chasser en avant. Une explosion se produit ainsi à chaque tour de la machine et un volant emmagasine la puissance fournie pendant une fraction de la course du piston pour assurer la marche régulière du moteur. La machine de Lenoir était à double effet.

2° Un autre procédé consiste à comprimer le mélange détonant avant l'explosion.

Dans le cycle à quatre temps, les choses se passent comme suit :

Le mélange explosif est aspiré durant une première course du piston. Ce dernier comprime le mélange en revenant en sens inverse. Lorsqu'il arrive à fin de course, l'allumage se produit, en sorte que l'explosion et la détente chassent le piston. Dès son retour, les gaz de la combustion sont expulsés au dehors. Sur les quatre courses du piston, une seule se trouve motrice et la régularité d'allure de la machine est encore assurée, grâce à un volant d'inertie suffisante.

Enfin, la machine fonctionnant à quatre temps peut aspirer simplement le comburant, de l'air pur, dans sa première course, puis comprimer cet air dans lequel vient brûler graduellement le combustible pendant la première période de la détente.

Il est facile de se rendre compte des propriétés de ces divers modes d'utilisation de la machine en recourant aux diagrammes entropiques, comme l'a fait M. Boulvin.

Sur ces diagrammes, les entropies $\int \frac{dQ}{T}$ sont portées en abscisses et les températures en ordonnées. Il en résulte que la surface du diagramme $\int \frac{dQ}{T} T$ est précisément égale à la quantité de chaleur utilisée dans le cycle et, par suite, proportionnelle au travail développé.

Les quatre diagrammes tracés en figure 1 se rapportent tous au même poids d'un mélange combustible de composition identique, et la combustion ainsi que la détente sont supposées également complètes.

Nous allons examiner les résultats obtenus (*fig.* 1) :

1° Par une explosion sans compression;
2° Par une explosion avec compression;
3° En conservant la même compression et en provoquant la combustion sous pression constante;
4° En élevant la compression.

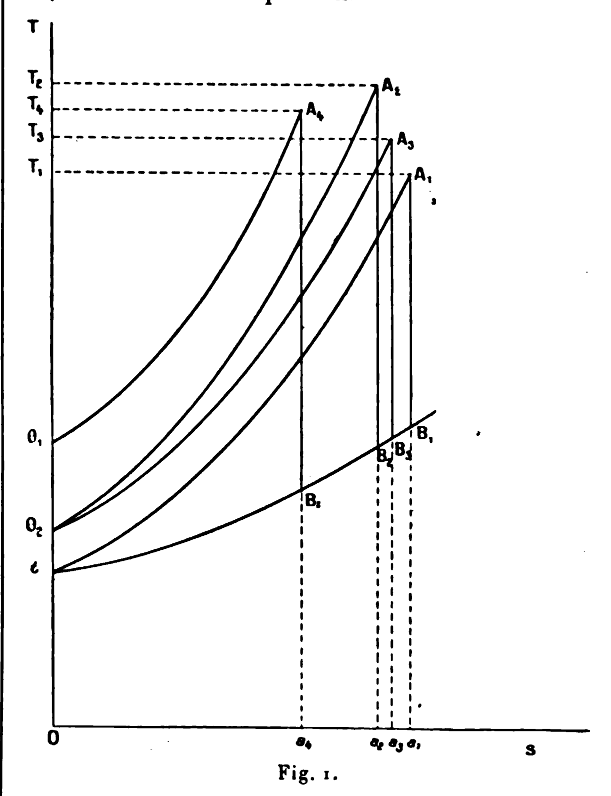


Fig. 1.

1° En partant d'une température ambiante t, la courbe tA_1 représente l'explosion sans compression, sous volume constant.

Cette explosion est suivie d'une détente que nous pourrons admettre, sans inconvénient pour notre exposé, comme adiabatique.

Cette détente sera ainsi représentée sur le diagramme par une parallèle à l'axe des Y, $A_1 a_1$. La surface $o t A_1 a_1$ est proportionnelle à la quantité de chaleur fournie par la combustion. En traçant, du point t, une courbe correspondant à l'évacuation des gaz, cette courbe recoupera l'adiabatique $A_1 a_1$, en un point B_1.

La détente adiabatique se trouvera donc limitée de A_1 à B_1.

La surface $t A_1 B_1$ est proportionnelle à la quantité de chaleur transformée en travail, et la surface $o t B_1 a_1$ est proportionnelle à la quantité de chaleur rejetée à l'évacuation.

2° Dans le second cas, le mélange est d'abord comprimé suivant l'adiabatique $t\theta$. L'explosion a lieu

ensuite suivant θA_2 et la détente adiabatique suivant l'isentropique $A_2 a_2$.

D'après ce qui précède, on voit que la surface $o\theta A_2 a_2$ est précisément égale à la surface $ot A_1 a_1$, ce qui exige que oa_2 soit plus petite que oa_1.

Suivant le raisonnement précédent, la quantité de chaleur transformée en travail dans ce second cas sera représentée par la surface $t\theta A_2 B_2$. Il apparaît de suite que la surface $ot B_2 a_2$ est plus petite que $ot B_1 a_1$. La quantité de chaleur rejetée à l'échappement est donc moindre et, par suite, celle transformée en travail devient plus considérable. La température des gaz au moment de l'ouverture de l'échappement, à la fin de la détente, est plus basse dans le second cas que dans le premier.

3° En produisant la combustion sous pression constante, au lieu d'une explosion sous volume constant on obtient la courbe θA_3 au lieu de θA_2.

Cette combustion sous pression constante donne une température T_3 plus faible que T_2 et le diagramme montre, qu'en ce cas l'utilisation est moins avantageuse.

4° Mais il est possible d'inverser ce résultat en augmentant la compression jusqu'en θ_1, comme le permettent les machines à combustion. Le travail utilisable devient alors $t\theta_2 A_4 B_4$ et la chaleur rejetée à l'échappement n'est plus que $ot B_4 A_4$, ce qui correspond à une utilisation meilleure qu'avec les autres diagrammes.

Il y a donc évidemment avantage à augmenter le plus possible la compression initiale. Ce qui précède montre aussi que la marche avec explosion permet une meilleure utilisation. Mais on est limité dans cette voie par l'élévation de la pression sur les organes de la machine, et par les conditions dans lesquelles l'allumage du mélange explosif se produit.

La compression doit forcément être limitée, de manière que l'allumage du mélange ne se produise pas avant que le piston ait atteint la fin de sa course. Cette limite de pression dépend donc de l'inflammabilité du mélange. On peut aussi abaisser artificiellement ce point d'inflammation, en refroidissant, par injection d'eau, le mélange détonant.

En pratique, les compressions admissibles pour les machines à explosion varient de 3 à 4 kg : cm² pour les mélanges très riches, jusqu'à 8 à 10 kg : cm² pour les mélanges très pauvres. Avec une forte injection d'eau, on a même dépassé notablement cette pression sur le moteur Banki. Mais cette dernière solution ne s'est pas répandue.

Au contraire, la machine à combustion permet de pousser la compression jusqu'aux limites admissibles pour l'étanchéité et la résistance des pièces de la machine, car l'allumage anticipé n'est pas à craindre et la pression sur le piston n'augmente pas notablement dans ces machines du fait de la combustion. Cette compression est réglée à 35 kg : cm² environ.

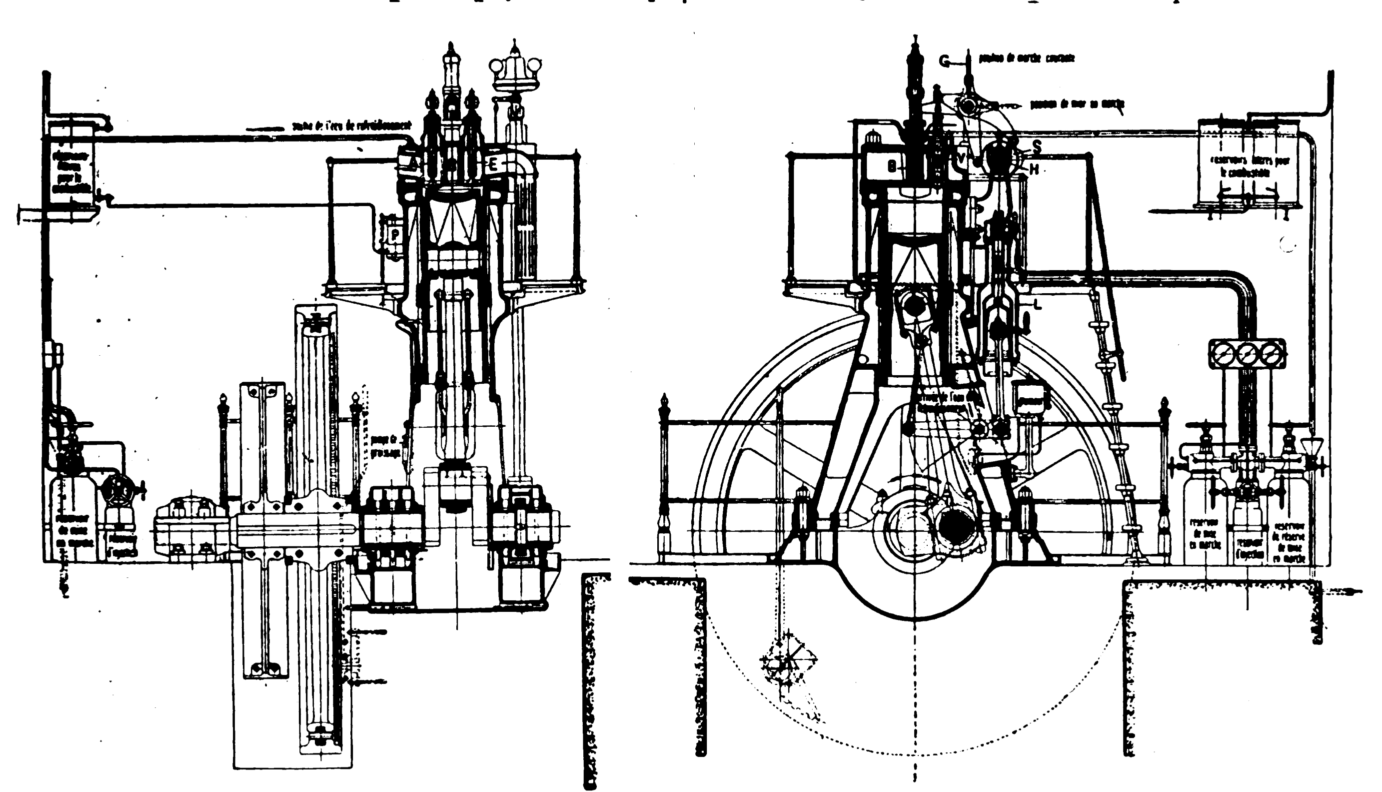


Fig. 2 et 3. — Moteur Diesel.

C'est ainsi que le moteur Diesel, qui a permis de réaliser ce régime, a surpassé de beaucoup toutes les autres

machines au point de vue de l'utilisation du combustible.

Je rappellerai sommairement le principe de cette machine représentée par les figures 2 et 3. C'est une machine à simple effet et à quatre temps.

Au premier temps, le piston descendant aspire par la soupape d'admission de l'air pur.

En remontant, durant le second temps, le piston comprime cet air jusqu'à la pression de 35 kg : cm², ce qui porte sa température à 500 ou 600°; c'est-à-dire bien au-dessus de celle nécessaire pour l'inflammation du combustible.

Dès le début du troisième temps, ce combustible est injecté par l'ajutage central dans l'air ainsi échauffé et brûle au fur et à mesure de son introduction pendant une partie de la course du piston, puis après cette combustion graduelle, les gaz continuent à se détendre jusqu'à la fin de cette course motrice.

Enfin, au quatrième temps, les gaz de la combustion sont rejetés par la soupape d'échappement sous l'action du piston qui remonte.

Le liquide combustible, refoulé par une pompe, est pulvérisé par de l'air comprimé qui pénètre en même temps que lui dès que l'aiguille qui ferme l'ajutage central est soulevée par le mécanisme de distribution.

Cet air, servant à l'insufflation, est comprimé à une pression supérieure à celle qui se produit dans le cylindre moteur, au moyen d'un compresseur actionné par la machine.

Ce compresseur charge en même temps des réservoirs qui servent au lancement du moteur.

Après avoir fait ressortir l'impossibilité de réaliser dans une telle machine un cycle de Carnot, M. Diesel avait proposé un cycle approché en supprimant la compression isothermique que comporte ce premier cycle.

La compression isothermique présentait, en outre de sa difficulté de réalisation, l'insurmontable inconvénient d'exiger des pressions énormes.

Le cycle ainsi préconisé par l'inventeur est représenté par la figure 4. Il est limité par une courbe de combustion isothermique *bc* d'équation

$$pv = C,$$

une courbe de détente adiabatique *cd*, le point *d* étant à l'infini,

$$pv^\gamma = K,$$

et une courbe de compression adiabatique *dab*,

$$pv^\gamma = K'.$$

L'hyperbole équilatère correspondant à la combustion, ainsi que les deux autres courbes hyperboliques, ont toutes les trois les axes comme asymptotes. Il en résulte une forme très effilée pour les extrémités *b* et *d* du diagramme.

Pour recueillir le travail correspondant à la surface totale de ce diagramme, il faudrait donc pousser la compression et la détente jusqu'à des limites inadmissibles en pratique, tant au point de vue de la construction du moteur que de sa bonne utilisation.

Dans son rapport au Congrès international de Mécanique appliquée de 1900, M. Diesel a très bien fait ressortir cette nécessité de rectifier dans l'application le cycle théorique auquel ses études l'avaient conduit.

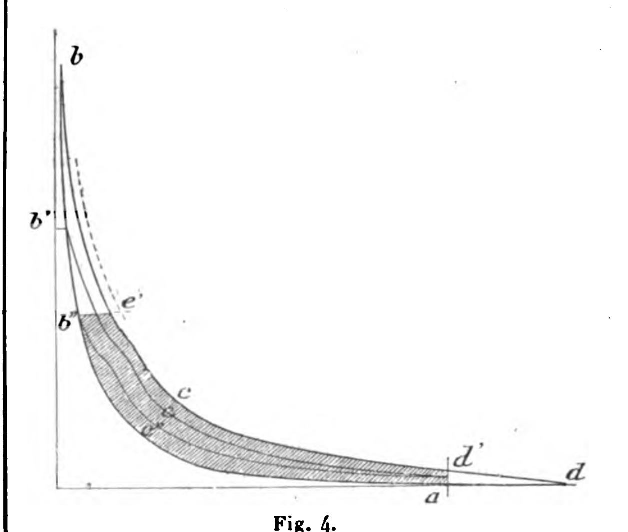


Fig. 4.

Après avoir signalé l'obligation de limiter convenablement la détente en *d'*, comme le montre la figure 4, l'inventeur dit qu'il fallut jeter un pont *b'e'* entre la compression actuellement réalisable et la combustion isothermique correspondant à une compression beaucoup plus élevée.

C'est en suivant ces principes qu'il a été possible de régler la combustion dans les moteurs Diesel, de manière à atteindre des ordonnées moyennes de 9 kg sans dépasser 35 kg : cm² de pression.

La forme du diagramme à laquelle la pratique a ainsi conduit est d'ailleurs excellente au point de vue de l'utilisation et du rendement thermique, comme l'a fort bien montré M. Letombe, le distingué professeur de l'École centrale.

Dans un moteur à combustion, l'utilisation et le rendement ne sont pas limités par la température, mais bien par la pression pratiquement admissible.

La machine fournira évidemment sa plus grande puissance lorsque ce maximum de pression sera maintenu le plus longtemps possible. Mais la recherche d'un rendement thermique élevé conduira à limiter la période de marche à pression constante, de manière à réaliser une détente aussi complète que possible des gaz.

Si cette détente était poussée jusqu'à la pression extérieure, le rendement thermique obtenu serait égal à celui d'un cycle de Carnot évoluant entre les températures de l'air pur au début et à la fin de la période de compression, sous condition que la chaleur soit reprise après la détente achevée, comme elle a été apportée.

M. Letombe a, en effet, établi que, pour tous les cycles ayant même rapport volumétrique de compression, si la chaleur est reprise après détente achevée comme elle est apportée (c'est-à-dire avec le même coefficient de chaleur spécifique), le rendement thermique est constant

et égal à celui d'un cycle de Carnot évoluant entre les températures initiale et finale de compression.

Cette proposition est d'ailleurs facile à démontrer en se reportant à l'épure entropique (*fig.* 5).

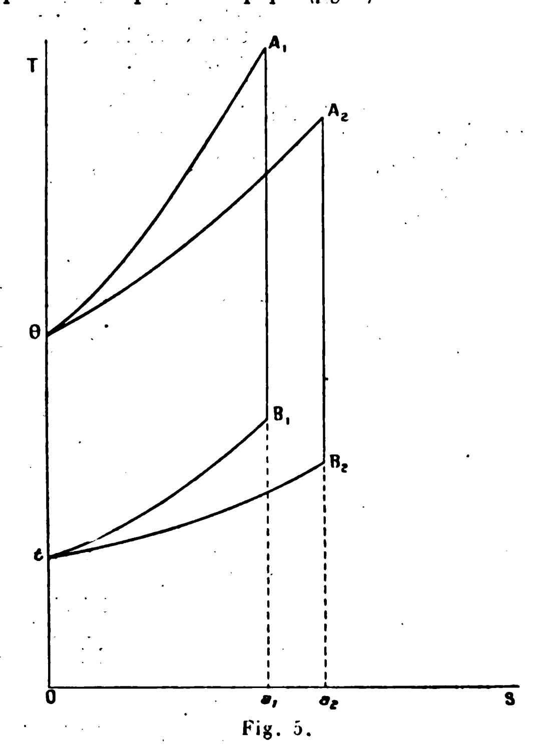


Fig. 5.

Considérons une série de cycles satisfaisant à l'hypothèse précédente, ayant donc même compression et des courbes d'échauffement et de refroidissement des gaz correspondant à des chaleurs spécifiques égales pour chaque valeur de l'entropie.

Ces courbes auront en tous les points de même abscisse des sous-tangentes égales et leurs ordonnées seront donc proportionnelles.

Si la quantité totale de chaleur mise en jeu dans ces divers cycles est constante, on a

$$\Sigma = \int_{s_0}^{s_1} T\,ds = \text{const.}$$

Comme

$$\sigma = \int_{s_0}^{s_1} t\,ds = \frac{t}{T}\int_{s_0}^{s_1} T\,ds = \text{const.},$$

il en résulte que le rendement ρ est égal

$$\rho = \frac{\Sigma - \sigma}{\Sigma} = 1 - \frac{t}{T},$$

c'est-à-dire que ce rendement est bien constant et égal à celui d'un cycle de Carnot entre les températures t et T.

Le point à la fois le plus important et le plus délicat de la marche du moteur Diesel est le réglage de la combustion qui doit s'effectuer correctement en un temps très court.

Pour réaliser pratiquement ce régime, il faut régler l'ouverture graduelle de l'aiguille d'injection suivant des lois qu'une expérimentation minutieuse a permis de fixer pour chaque cas.

L'allure des diagrammes de tous les moteurs actuels est celle représentée par la figure 6.

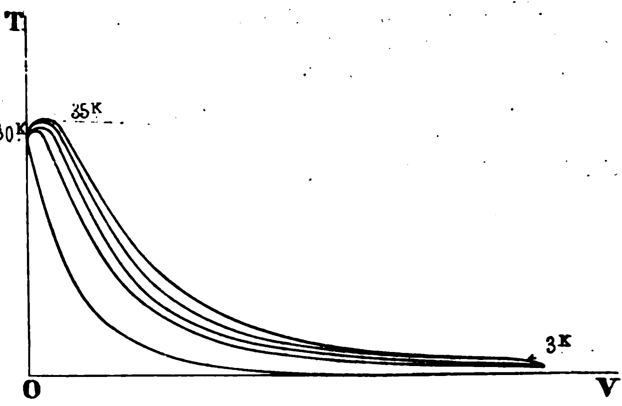


Fig. 6.

Le maximum de pression surpasse de quelques kilogrammes la compression de l'air et la courbe de combustion s'arrondit vers le haut, ce qui correspond à une surélévation très notable de la température dépassant 1800° pendant la combustion et non plus à une courbe isothermique.

Le principe du moteur Diesel permet, de toute évidence, de réaliser, dans d'excellentes conditions, des admissions variables.

C'est aussi uniquement en réglant pour chaque combustion la quantité du combustible injecté, que la puissance du moteur est réglée.

La figure 6 montre l'effet de ces admissions variables proportionnant la surface des diagrammes à la puissance à fournir à chaque instant.

Cette facile variation de l'admission permet de régler avec la plus grande précision l'allure de la machine, soit à la main, soit au moyen d'un régulateur.

Les combustions se faisant toujours régulièrement, la marche est d'une remarquable douceur à tous les régimes.

Le mode de fonctionnement tout particulier du moteur Diesel n'implique pas la constitution d'un mélange détonant correctement dosé, comme l'exigent les moteurs à explosion.

L'allumage et la combustion sont parfaitement assurés par l'injection du combustible, très divisé, dans une masse d'air comprimée dont la température est très élevée.

Aucune des difficultés de carburation et d'allumage, qui se présentent dans les machines à explosion, n'existe avec le système Diesel.

Il est donc évident que ce genre de moteur permet d'employer dans les meilleures conditions des combustibles absolument inutilisables pour les autres machines.

C'est ainsi qu'il a été possible de faire fonctionner le moteur Diesel avec les combustibles liquides les plus variés, avec le gaz et même avec du poussier de charbon.

1...

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

FORCE MOTRICE.

Le moteur Diesel.

Le développement du moteur Diesel dans les diverses branches de ses applications sollicite à juste titre l'attention des électriciens.

Les motifs du succès de ce système ressortent clairement de son étude et de sa comparaison avec les autres machines.

Les moteurs utilisant les combustibles liquides ou gazeux peuvent fonctionner de diverses manières :

1° Comme dans la première machine de Lenoir, le piston peut aspirer pendant une partie de sa course une certaine quantité de mélange détonant. L'allumage se produit dès la fin de l'aspiration, alors que le mélange se trouve sensiblement à la pression atmosphérique. L'explosion, puis la détente consécutive agissent sur le piston pour le chasser en avant. Une explosion se produit ainsi à chaque tour de la machine et un volant emmagasine la puissance fournie pendant une fraction de la course du piston pour assurer la marche régulière du moteur. La machine de Lenoir était à double effet.

2° Un autre procédé consiste à comprimer le mélange détonant avant l'explosion.

Dans le cycle à quatre temps, les choses se passent comme suit :

Le mélange explosif est aspiré durant une première course du piston. Ce dernier comprime le mélange en revenant en sens inverse. Lorsqu'il arrive à fin de course, l'allumage se produit, en sorte que l'explosion et la détente chassent le piston. Dès son retour, les gaz de la combustion sont expulsés au dehors. Sur les quatre courses du piston, une seule se trouve motrice et la régularité d'allure de la machine est encore assurée, grâce à un volant d'inertie suffisante.

Enfin, la machine fonctionnant à quatre temps peut aspirer simplement le comburant, de l'air pur, dans sa première course, puis comprimer cet air dans lequel vient brûler graduellement le combustible pendant la première période de la détente.

Il est facile de se rendre compte des propriétés de ces divers modes d'utilisation de la machine en recourant aux diagrammes entropiques, comme l'a fait M. Boulvin.

Sur ces diagrammes, les entropies $\int \frac{dQ}{T}$ sont portées en abscisses et les températures en ordonnées. Il en résulte que la surface du diagramme $\int \frac{dQ}{T} T$ est précisément égale à la quantité de chaleur utilisée dans le cycle et, par suite, proportionnelle au travail développé.

Les quatre diagrammes tracés en figure 1 se rapportent tous au même poids d'un mélange combustible de composition identique, et la combustion ainsi que la détente sont supposées également complètes.

Nous allons examiner les résultats obtenus (*fig.* 1) :

1° Par une explosion sans compression;
2° Par une explosion avec compression;
3° En conservant la même compression et en provoquant la combustion sous pression constante;
4° En élevant la compression.

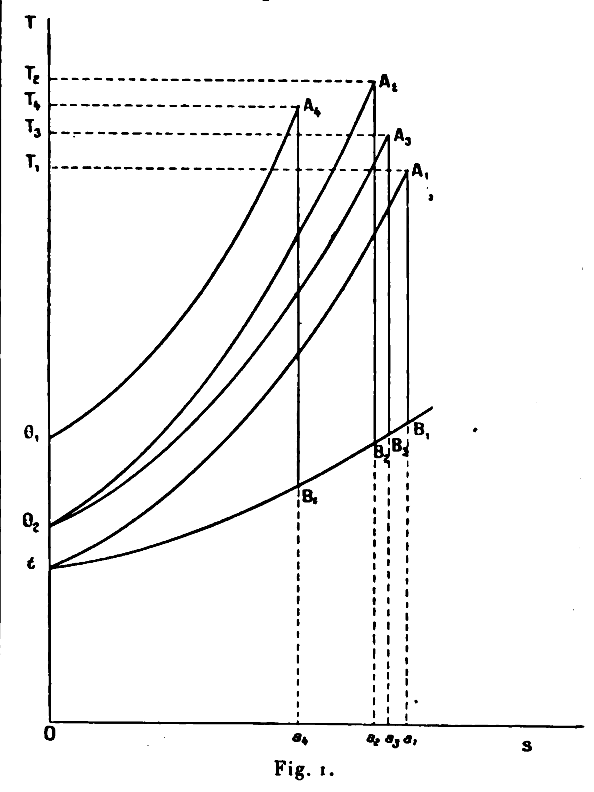


Fig. 1.

1° En partant d'une température ambiante t, la courbe tA_1 représente l'explosion sans compression, sous volume constant.

Cette explosion est suivie d'une détente que nous pourrons admettre, sans inconvénient pour notre exposé, comme adiabatique.

Cette détente sera ainsi représentée sur le diagramme par une parallèle à l'axe des Y, $A_1\,a_1$. La surface $ot\,A_1\,a_1$ est proportionnelle à la quantité de chaleur fournie par la combustion. En traçant, du point t, une courbe correspondant à l'évacuation des gaz, cette courbe recoupera l'adiabatique $A_1\,a_1$, en un point B_1.

La détente adiabatique se trouvera donc limitée de A_1 à B_1.

La surface $t\,A_1\,B_1$ est proportionnelle à la quantité de chaleur transformée en travail, et la surface $ot\,B_1\,a_1$ est proportionnelle à la quantité de chaleur rejetée à l'évacuation.

2° Dans le second cas, le mélange est d'abord comprimé suivant l'adiabatique $t\theta$. L'explosion a lieu

ensuite suivant θA_2 et la détente adiabatique suivant l'isentropique $A_2 a_2$.

D'après ce qui précède, on voit que la surface $o\theta A_2 a_2$ est précisément égale à la surface $ot A_1 a_1$, ce qui exige que oa_2 soit plus petite que oa_1.

Suivant le raisonnement précédent, la quantité de chaleur transformée en travail dans ce second cas sera représentée par la surface $t\theta A_2 B_2$. Il apparaît de suite que la surface $ot B_2 a_2$ est plus petite que $ot B_1 a_1$. La quantité de chaleur rejetée à l'échappement est donc moindre et, par suite, celle transformée en travail devient plus considérable. La température des gaz au moment de l'ouverture de l'échappement, à la fin de la détente, est plus basse dans le second cas que dans le premier.

3° En produisant la combustion sous pression constante, au lieu d'une explosion sous volume constant on obtient la courbe θA_3 au lieu de θA_2.

Cette combustion sous pression constante donne une température T_3 plus faible que T_2 et le diagramme montre, qu'en ce cas l'utilisation est moins avantageuse.

4° Mais il est possible d'inverser ce résultat en augmentant la compression jusqu'en θ_1, comme le permettent les machines à combustion. Le travail utilisable devient alors $t\theta_2 A_4 B_4$ et la chaleur rejetée à l'échappement n'est plus que $ot B_4 A_4$, ce qui correspond à une utilisation meilleure qu'avec les autres diagrammes.

Il y a donc évidemment avantage à augmenter le plus possible la compression initiale. Ce qui précède montre aussi que la marche avec explosion permet une meilleure utilisation. Mais on est limité dans cette voie par l'élévation de la pression sur les organes de la machine, et par les conditions dans lesquelles l'allumage du mélange explosif se produit.

La compression doit forcément être limitée, de manière que l'allumage du mélange ne se produise pas avant que le piston ait atteint la fin de sa course. Cette limite de pression dépend donc de l'inflammabilité du mélange. On peut aussi abaisser artificiellement ce point d'inflammation, en refroidissant, par injection d'eau, le mélange détonant.

En pratique, les compressions admissibles pour les machines à explosion varient de 3 à 4 kg : cm² pour les mélanges très riches, jusqu'à 8 à 10 kg : cm² pour les mélanges très pauvres. Avec une forte injection d'eau, on a même dépassé notablement cette pression sur le moteur Banki. Mais cette dernière solution ne s'est pas répandue.

Au contraire, la machine à combustion permet de

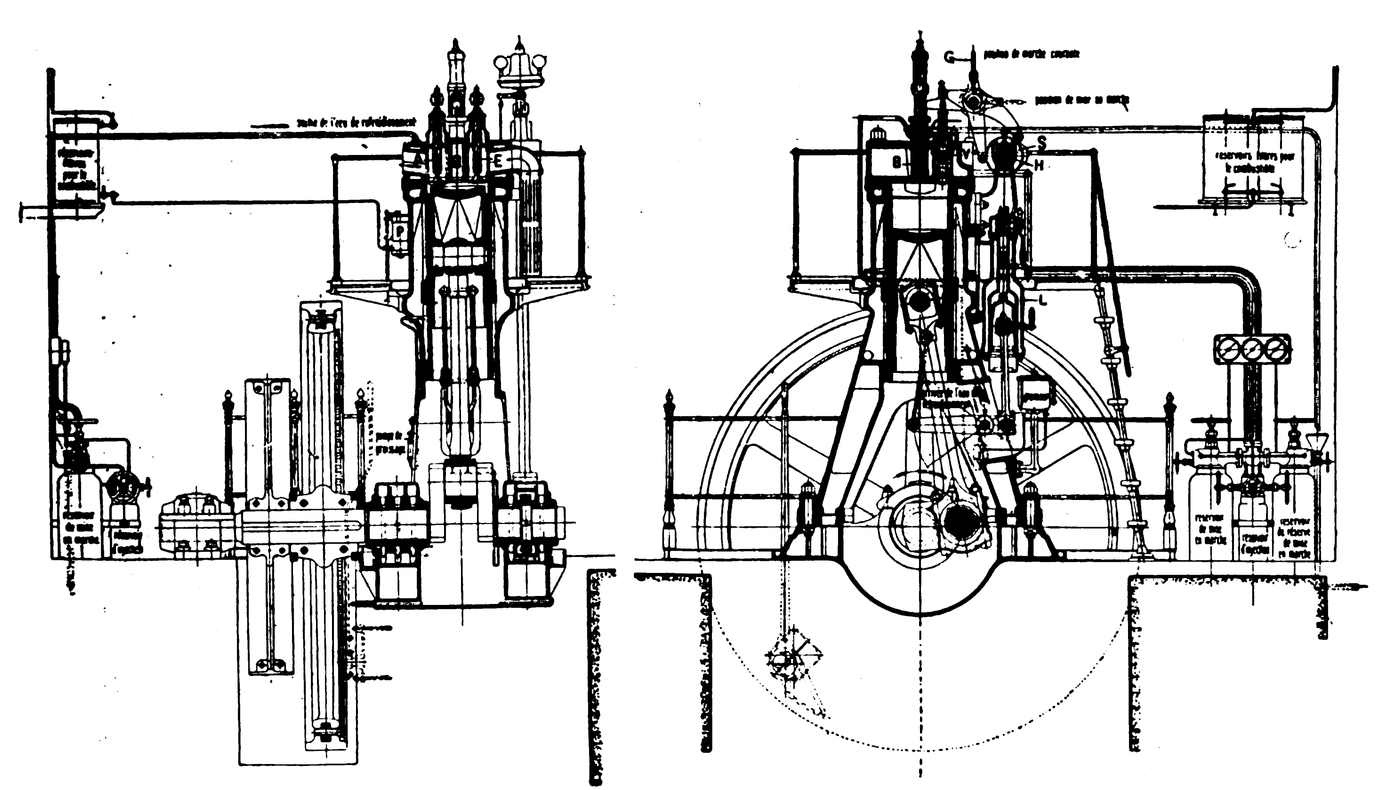


Fig. 2 et 3. — Moteur Diesel.

pousser la compression jusqu'aux limites admissibles pour l'étanchéité et la résistance des pièces de la machine, car l'allumage anticipé n'est pas à craindre et la pression sur le piston n'augmente pas notablement dans ces machines du fait de la combustion. Cette compression est réglée à 35 kg : cm² environ.

C'est ainsi que le moteur Diesel, qui a permis de réaliser ce régime, a surpassé de beaucoup toutes les autres

machines au point de vue de l'utilisation du combustible.

Je rappellerai sommairement le principe de cette machine représentée par les figures 2 et 3. C'est une machine à simple effet et à quatre temps.

Au premier temps, le piston descendant aspire par la soupape d'admission de l'air pur.

En remontant, durant le second temps, le piston comprime cet air jusqu'à la pression de 35 kg : cm², ce qui porte sa température à 500 ou 600°; c'est-à-dire bien au-dessus de celle nécessaire pour l'inflammation du combustible.

Dès le début du troisième temps, ce combustible est injecté par l'ajutage central dans l'air ainsi échauffé et brûle au fur et à mesure de son introduction pendant une partie de la course du piston, puis après cette combustion graduelle, les gaz continuent à se détendre jusqu'à la fin de cette course motrice.

Enfin, au quatrième temps, les gaz de la combustion sont rejetés par la soupape d'échappement sous l'action du piston qui remonte.

Le liquide combustible, refoulé par une pompe, est pulvérisé par de l'air comprimé qui pénètre en même temps que lui dès que l'aiguille qui ferme l'ajutage central est soulevée par le mécanisme de distribution.

Cet air, servant à l'insufflation, est comprimé à une pression supérieure à celle qui se produit dans le cylindre moteur, au moyen d'un compresseur actionné par la machine.

Ce compresseur charge en même temps des réservoirs qui servent au lancement du moteur.

Après avoir fait ressortir l'impossibilité de réaliser dans une telle machine un cycle de Carnot, M. Diesel avait proposé un cycle approché en supprimant la compression isothermique que comporte ce premier cycle.

La compression isothermique présentait, en outre de sa difficulté de réalisation, l'insurmontable inconvénient d'exiger des pressions énormes.

Le cycle ainsi préconisé par l'inventeur est représenté par la figure 4. Il est limité par une courbe de combustion isothermique *bc* d'équation

$$pv = C,$$

une courbe de détente adiabatique *cd*, le point *d* étant à l'infini,

$$pv^\gamma = K,$$

et une courbe de compression adiabatique *dab*,

$$pv^\gamma = K'.$$

L'hyperbole équilatère correspondant à la combustion, ainsi que les deux autres courbes hyperboliques, ont toutes les trois les axes comme asymptotes. Il en résulte une forme très effilée pour les extrémités *b* et *d* du diagramme.

Pour recueillir le travail correspondant à la surface totale de ce diagramme, il faudrait donc pousser la compression et la détente jusqu'à des limites inadmissibles en pratique, tant au point de vue de la construction du moteur que de sa bonne utilisation.

Dans son rapport au Congrès international de Mécanique appliquée de 1900, M. Diesel a très bien fait ressortir cette nécessité de rectifier dans l'application le cycle théorique auquel ses études l'avaient conduit.

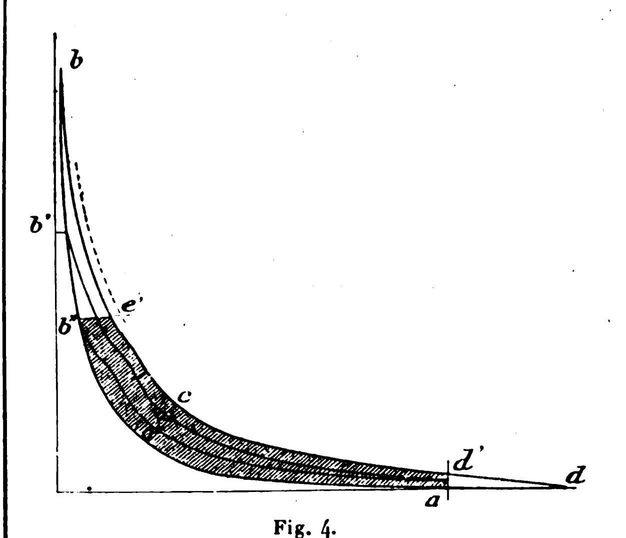


Fig. 4.

Après avoir signalé l'obligation de limiter convenablement la détente en *d'*, comme le montre la figure 4, l'inventeur dit qu'il fallut jeter un pont *b''e'* entre la compression actuellement réalisable et la combustion isothermique correspondant à une compression beaucoup plus élevée.

C'est en suivant ces principes qu'il a été possible de régler la combustion dans les moteurs Diesel, de manière à atteindre des ordonnées moyennes de 9 kg sans dépasser 35 kg : cm² de pression.

La forme du diagramme à laquelle la pratique a ainsi conduit est d'ailleurs excellente au point de vue de l'utilisation et du rendement thermique, comme l'a fort bien montré M. Letombe, le distingué professeur de l'École centrale.

Dans un moteur à combustion, l'utilisation et le rendement ne sont pas limités par la température, mais bien par la pression pratiquement admissible.

La machine fournira évidemment sa plus grande puissance lorsque ce maximum de pression sera maintenu le plus longtemps possible. Mais la recherche d'un rendement thermique élevé conduira à limiter la période de marche à pression constante, de manière à réaliser une détente aussi complète que possible des gaz.

Si cette détente était poussée jusqu'à la pression extérieure, le rendement thermique obtenu serait égal à celui d'un cycle de Carnot évoluant entre les températures de l'air pur au début et à la fin de la période de compression, sous condition que la chaleur soit reprise après la détente achevée, comme elle a été apportée.

M. Letombe a, en effet, établi que, pour tous les cycles ayant même rapport volumétrique de compression, si la chaleur est reprise après détente achevée comme elle est apportée (c'est-à-dire avec le même coefficient de chaleur spécifique), le rendement thermique est constant

et égal à celui d'un cycle de Carnot évoluant entre les températures initiale et finale de compression.

Cette proposition est d'ailleurs facile à démontrer en se reportant à l'épure entropique (*fig.* 5).

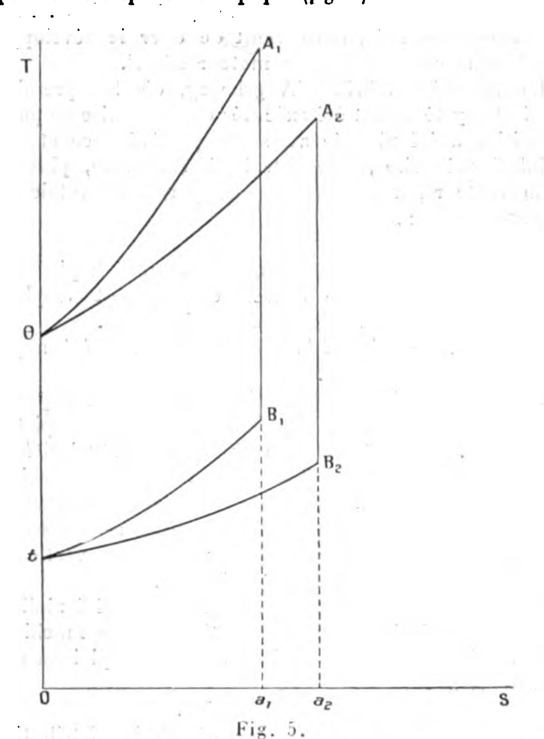


Fig. 5.

Considérons une série de cycles satisfaisant à l'hypothèse précédente, ayant donc même compression et des courbes d'échauffement et de refroidissement des gaz correspondant à des chaleurs spécifiques égales pour chaque valeur de l'entropie.

Ces courbes auront en tous les points de même abscisse des sous-tangentes égales et leurs ordonnées seront donc proportionnelles.

Si la quantité totale de chaleur mise en jeu dans ces divers cycles est constante, on a

$$\Sigma = \int_{s_0}^{s_1} T\,ds = \text{const.}$$

Comme

$$\sigma = \int_{s_0}^{s_1} t\,ds = \frac{t}{T}\int_{s_0}^{s_1} T\,ds = \text{const.},$$

il en résulte que le rendement ρ est égal

$$\rho = \frac{\Sigma - \sigma}{\Sigma} = 1 - \frac{t}{T},$$

c'est-à-dire que ce rendement est bien constant et égal à celui d'un cycle de Carnot entre les températures t et T.

Le point à la fois le plus important et le plus délicat de la marche du moteur Diesel est le réglage de la combustion qui doit s'effectuer correctement en un temps très court.

Pour réaliser pratiquement ce régime, il faut régler l'ouverture graduelle de l'aiguille d'injection suivant des lois qu'une expérimentation minutieuse a permis de fixer pour chaque cas.

L'allure des diagrammes de tous les moteurs actuels est celle représentée par la figure 6.

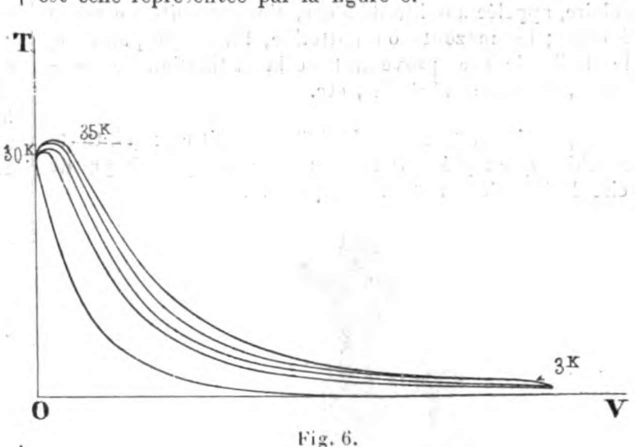


Fig. 6.

Le maximum de pression surpasse de quelques kilogrammes la compression de l'air et la courbe de combustion s'arrondit vers le haut, ce qui correspond à une surélévation très notable de la température dépassant 1800° pendant la combustion et non plus à une courbe isothermique.

Le principe du moteur Diesel permet, de toute évidence, de réaliser, dans d'excellentes conditions, des admissions variables.

C'est aussi uniquement en réglant pour chaque combustion la quantité du combustible injecté, que la puissance du moteur est réglée.

La figure 6 montre l'effet de ces admissions variables proportionnant la surface des diagrammes à la puissance à fournir à chaque instant.

Cette facile variation de l'admission permet de régler avec la plus grande précision l'allure de la machine, soit à la main, soit au moyen d'un régulateur.

Les combustions se faisant toujours régulièrement, la marche est d'une remarquable douceur à tous les régimes.

Le mode de fonctionnement tout particulier du moteur Diesel n'implique pas la constitution d'un mélange détonant correctement dosé, comme l'exigent les moteurs à explosion.

L'allumage et la combustion sont parfaitement assurés par l'injection du combustible, très divisé, dans une masse d'air comprimée dont la température est très élevée.

Aucune des difficultés de carburation et d'allumage, qui se présentent dans les machines à explosion, n'existe avec le système Diesel.

Il est donc évident que ce genre de moteur permet d'employer dans les meilleures conditions des combustibles absolument inutilisables pour les autres machines.

C'est ainsi qu'il a été possible de faire fonctionner le moteur Diesel avec les combustibles liquides les plus variés, avec le gaz et même avec du poussier de charbon.

1...

Toutefois, ce sont les huiles lourdes qui conviennent le mieux au moteur Diesel et leur emploi s'est généralisé dans la pratique.

Nous citerons particulièrement les pétroles ordinaires d'une densité de 0,800 au moins; les produits lourds résultant de la distillation des pétroles, tels que l'huile solaire, appelée aussi huile à gaz, d'une densité de 0,880 à 0,900; les mazouts ou naftetine, l'huile de paraffine, les huiles lourdes provenant de la distillation des goudrons, les huiles végétales, etc.

Le premier moteur Diesel a été construit en 1893. Cette machine que représente la figure 7 ne comportait pas de circulation d'eau autour du cylindre.

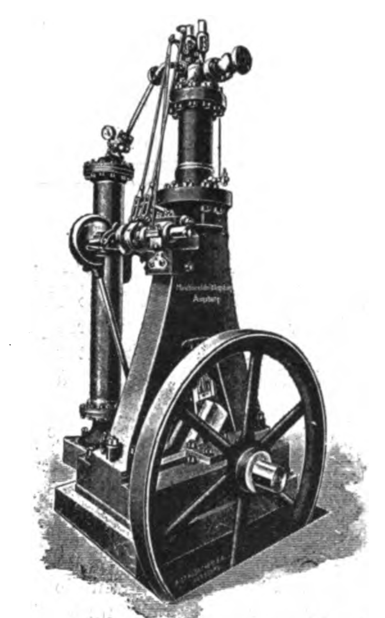


Fig. 7. — Vue du premier moteur Diesel (1893).

La mise au point du système a exigé plusieurs années de travail assidu. Mais ces efforts ont été couronnés d'un entier succès.

Les résultats pratiques obtenus en 1897 avec ce système de moteur ont, en effet, causé une très vive impression et ont eu un retentissement en rapport avec leur importance.

Les rendements thermiques constatés dès cette époque plaçaient le moteur Diesel bien au-dessus de toutes les machines thermiques connues.

Un moteur de 20 chevaux a donné le cheval-heure avec une consommation de 240 g de pétrole à pleine charge et 277 g à demi-charge, atteignant ainsi un rendement thermique dépassant 25 pour 100 à pleine charge et 22 pour 100 à demi-charge, résultats qui, depuis lors, ont été très notablement surpassés d'ailleurs.

Il peut sembler surprenant que de telles qualités économiques n'aient pas provoqué autour de nous un développement important des applications du moteur Diesel. Il faut en rechercher uniquement la cause dans nos tarifs de douane et d'octroi qui surchargent de droits prohibitifs les combustibles utilisables pour le moteur Diesel.

A l'étranger, par contre, des dispositions fiscales plus judicieuses ont permis à l'industrie de bénéficier du progrès considérable réalisé par le système Diesel. Pour en donner une idée, il convient de citer le développement de la construction du moteur Diesel.

La Maschinenfabrik d'Augsbourg, où les premiers essais du système ont été exécutés et où la mise au point définitive a été réalisée avec une persévérance et une habileté méritoires, a construit, à elle seule, plus de 2600 moteurs, représentant une puissance totale de 250 000 chevaux.

Le dispositif de moteur à quatre temps simple effet précédemment décrit est très couramment employé pour des machines verticales ou horizontales.

Toutefois, des dispositions différentes ont été appliquées ou expérimentées.

Il y a lieu de signaler tout d'abord le moteur à quatre temps double effet dans lequel les deux faces du piston travaillent. Il en résulte une plus grande régularité du couple moteur et une meilleure utilisation de la machine.

Cette solution est appliquée avec succès pour les moteurs horizontaux de grande puissance. Elle est employée également sur de grandes moteurs verticaux type marin actuellement en expérience.

Une modification de détail intéressante a été réalisée dans le mode d'injection du combustible pour les machines horizontales de moyenne puissance par l'emploi du dispositif dit à tuyère ouverte.

La figure 8 représente ce dispositif.

Comme dans tous les moteurs Diesel, la distribution est assurée par une soupape d'admission d'air pur A et une soupape d'échappement B. Mais le combustible liquide n'est plus refoulé à haute pression au-dessus de la soupape d'admission dite aiguille d'injection, comme dans les moteurs Diesel ordinaires. Cet organe un peu délicat est totalement supprimé et la pompe à pétrole ne travaillant plus sous pression est notablement simplifiée.

Comme le montre la figure, la tuyère d'injection C débouche librement dans la chambre de combustion. La pompe à combustible D refoule la quantité de liquide nécessaire pour chaque combustion dans le conduit vertical débouchant dans la tuyère et dans cette tuyère elle-même.

Le tuyau de refoulement de la pompe porte à son extrémité F un clapet de retenue supplémentaire constitué très simplement par une bille d'acier reposant sur un siège.

Avant la période de compression, la canalisation d'injection se trouve ainsi chargée de la quantité convenable de combustible.

A fin de compression, au moment opportun, une petite soupape à air ouvre la communication G qui permet à l'air sous pression de traverser rapidement la tuyère en chassant et en entraînant le combustible liquide et en le faisant pénétrer finement pulvérisé dans la chambre de combustion.

Aucun organe mobile et délicat de l'appareil d'injection ne se trouve ainsi en contact avec les gaz chauds.

La pompe étant réduite à un distributeur très simple peut être soumise aisément à l'action du régulateur qui règle la course du piston plongeur, de manière à proportionner exactement la quantité de combustible injecté à la puissance fournie par le moteur.

Un canal supplémentaire H ménagé à la partie supé-

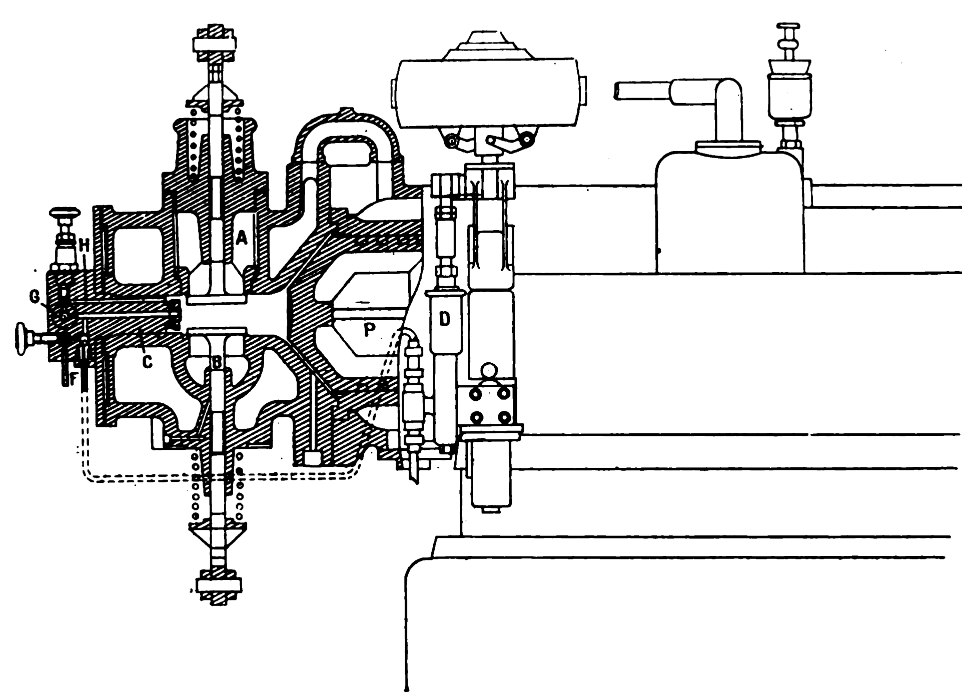


Fig. 8. — Nouveau dispositif d'injection du combustible liquide.
A, soupape d'aspiration; B, soupape d'échappement; C, tuyère d'injection; D, pompe à pétrole; E, pompe à air; F, arrivée de pétrole; G, arrivée d'air; H, canal pour le lancement; P, piston.

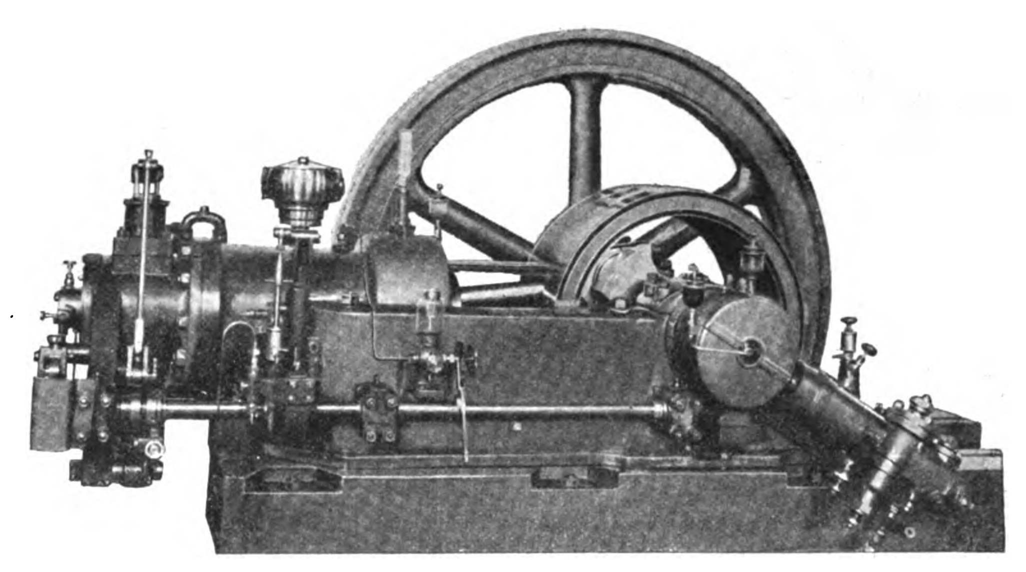


Fig. 9. — Moteur Diesel de la Société des Moteurs thermiques.

rieure de la tuyère d'échappement sert à l'admission directe de l'air dans le cylindre pour le lancement de la machine.

La figure 9 représente un de ces moteurs du type horizontal de la Société des Moteurs thermiques construit par les Ateliers Harlé et Cie.

La figure 10 montre une installation complète d'une de ces machines.



Dès les premières années de la réalisation du moteur Diesel, le fonctionnement à deux temps a été appliqué à ce genre de machine. Il avait été déjà employé depuis longtemps sur les moteurs à explosion, mais ne s'était pas répandu.

Pour un moteur à explosion, ce régime comporte :

Au premier temps, l'aspiration des gaz frais par une pompe auxiliaire ou plus simplement dans le carter même du moteur, en même temps que la compression dans le cylindre des gaz admis à la fin de la course précédente;

Au deuxième temps, l'explosion se produit au commencement de la course durant laquelle a lieu la détente.

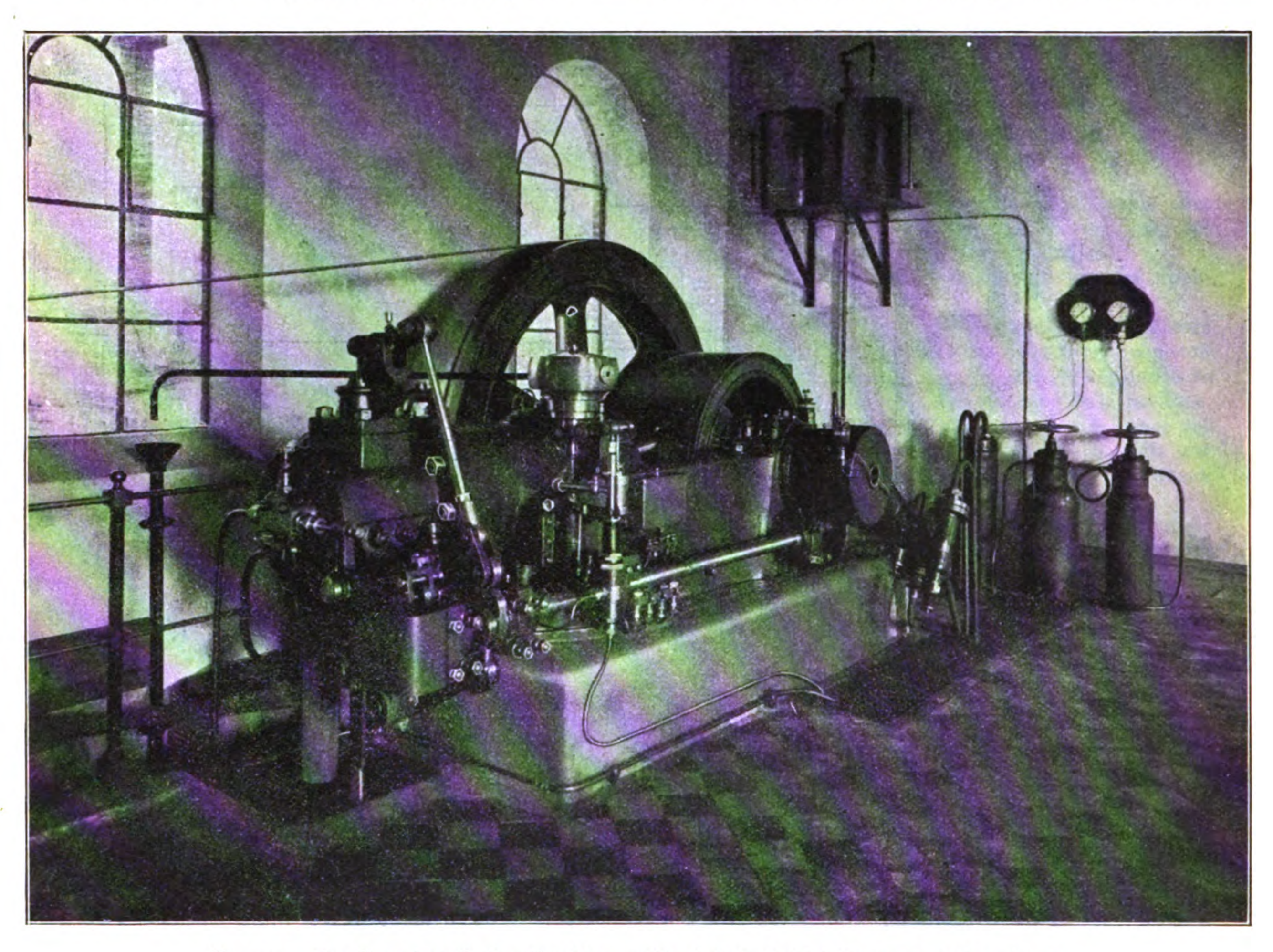


Fig. 10. — Vue d'une installation d'un Moteur Diesel de la Société des moteurs thermiques.

A fin de course, les gaz brûlés s'échappent par des ouvertures que le piston démasque.

Au même moment, les gaz frais sont refoulés dans le cylindre en chassant devant eux ce qui reste des gaz de la combustion précédente.

Ce régime permet donc de réaliser une course active par tour de l'arbre manivelle, ce qui double la régularité du couple moteur par rapport au régime à quatre temps et semble devoir donner une meilleure utilisation de la machine.

Mais le régime à deux temps présente un grave défaut pour les moteurs à explosion.

En effet, si la quantité de gaz frais refoulé dans le cylindre pour constituer une nouvelle charge est insuffisante, il reste un excès des résidus gazeux de la précédente explosion et la densité de chargement se trouve trop affaiblie. L'utilisation de la machine est alors médiocre.

Si, au contraire, les gaz frais sont refoulés en excès de manière à assurer un bon balayage des produits de la combustion précédente, une partie de ces gaz frais sort par les orifices d'échappement et il en résulte une perte importante de combustible.

Il y a lieu d'observer que, dans les moteurs à deux temps pour lesquels l'aspiration des gaz frais est obtenue par l'un des côtés du piston moteur, la densité de chargement est toujours insuffisante.

Cela résulte de ce que les volumes engendrés par le

piston sur chacune de ses faces sont naturellement égaux et qu'en raison des pertes de charge inévitables, les gaz se trouvent à la fin de l'aspiration à une pression inférieure à la pression atmosphérique.

Avec le cycle Diesel, ces inconvénients peuvent être entièrement écartés, puisque le cylindre doit être rempli d'air pur et non d'un mélange détonant. Il n'y a dès lors aucun inconvénient à envoyer dans ce cylindre un excès d'air pour assurer le balayage parfait des gaz de la combustion précédente. Il suffit pour cela de disposer de pompes à air débitant un volume supérieur à celui engendré par le piston moteur.

La figure 11 montre l'une des meilleures dispositions de ce genre de machine.

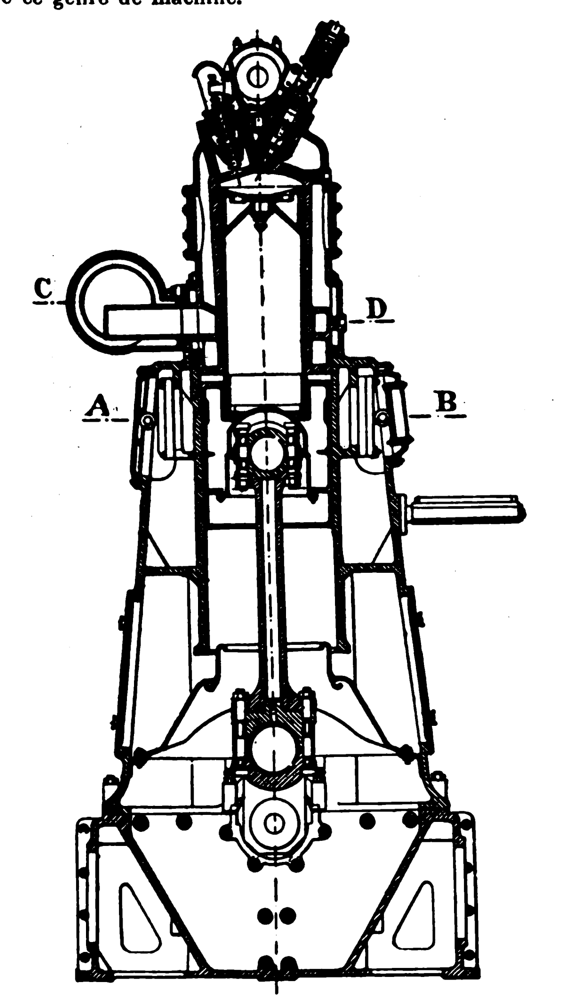


Fig. 11. — Coupe d'un moteur Diesel à deux temps.

Elle comporte deux cylindres superposés à simple effet; le cylindre supérieur est le cylindre moteur. Le cylindre inférieur, d'un plus grand diamètre, constitue la pompe de balayage et forme en même temps glissière pour le pied de bielle.

Dans ces deux cylindres se déplace un piston à deux diamètres correspondant aux deux cylindres.

La bielle est articulée sur un axe qui fait partie du piston inférieur qui constitue ainsi le coulisseau de la machine. Cette bielle attaque l'arbre manivelle que l'on voit à la partie inférieure du carter.

La machine comporte à la partie supérieure du cylindre moteur une soupape d'arrivée d'air, une aiguille d'injection du pétrole et, enfin, une soupape de lancement à l'air comprimé. L'évacuation se fait à la partie inférieure du cylindre moteur, à travers des orifices répartis autour de la base de ce cylindre et qui débouchent dans un collecteur annulaire mis en communication directe avec la tuyauterie d'échappement.

Lorsque le piston moteur arrive au bas de sa course, ces orifices d'échappement se trouvent découverts et les gaz de la combustion peuvent librement accéder à la tuyauterie d'échappement.

La pompe de balayage est constituée, comme il vient d'être dit, par le cylindre inférieur et le piston de grand diamètre. Cette pompe est à simple effet et le volume engendré correspond à l'espace annulaire compris entre le cylindre de grand diamètre et le piston moteur.

Cette pompe aspire l'air extérieur à travers une soupape et le refoule à une pression d'environ 0,400 kg : cm² à travers une autre soupape dans un collecteur formé par une partie du bâti de la machine.

Ce type de moteur comporte plusieurs cylindres et toutes les pompes de balayage refoulent à la fois dans ce collecteur où la pression reste sensiblement constante. Par des tuyaux de communication, l'air puisé dans ce collecteur pénètre dans les cylindres moteurs à travers les soupapes d'admission placées à la partie supérieure et le fonctionnement de la machine est le suivant :

Le piston moteur étant au bas de sa course et le cylindre plein d'air pur, la compression a lieu dans un premier temps durant la course ascendante du piston moteur.

La pression s'élève graduellement jusqu'à 35 kg : cm² et la température monte jusque vers 550°. Dès que le piston a atteint la limite de sa course verticale et qu'il va commencer à redescendre, le pétrole est injecté, comme il a été vu dans les moteurs à quatre temps.

La combustion graduelle se produit et elle est suivie de la détente pendant la course descendante du piston. Dès que ce dernier démasque les orifices d'évacuation, l'échappement commence à se produire. A ce moment, la soupape d'admission d'air frais est ouverte par le mécanisme de distribution. Cet air pénètre en excès dans le cylindre en chassant devant lui les gaz de la combustion précédente.

Le cylindre se trouve donc à nouveau rempli d'air pur et le même cycle recommence.

Les applications du moteur Diesel sont aujourd'hui extrêmement variées.

Elles ont débuté en France par celles que nous avons réalisées pour la propulsion des sous-marins, depuis une douzaine d'années.

L'utilisation de combustibles à très bas prix a permis le développement de ces machines pour les applications industrielles en France où leur usage se répand très rapidement.

1....



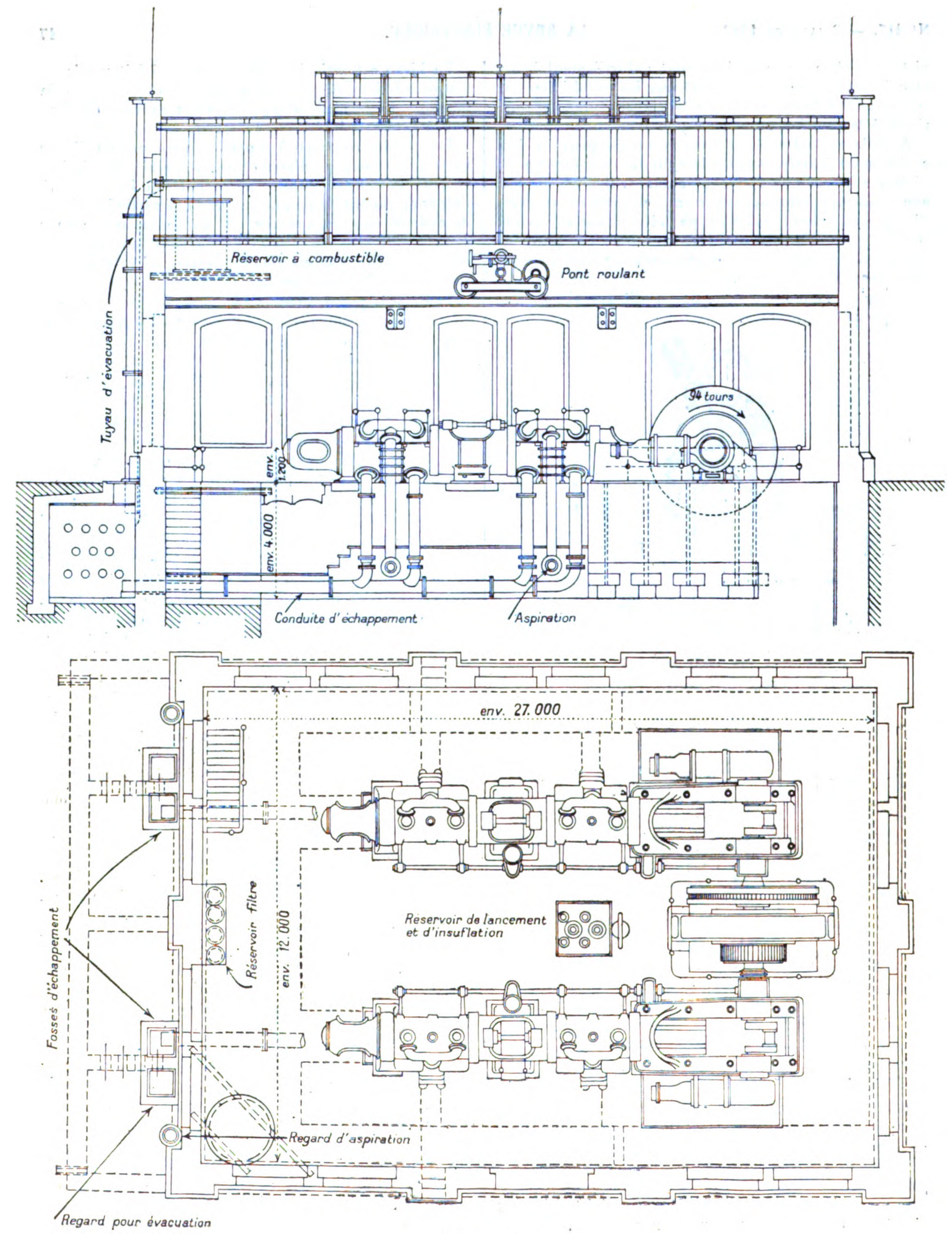

Réservoir à combustible
Pont roulant
Tuyau d'évacuation
94 tours
env. 1.200
env. 4.000
Conduite d'échappement
Aspiration
env. 27.000
Réservoir de lancement
et d'insuflation
Réservoir filtre
env. 12.000
Fosses d'échappement
Regard d'aspiration
Regard pour évacuation

Fig. 12 et 13.

Pour la commande des machines électriques, le moteur Diesel offre de grands avantages.

En outre de sa remarquable économie de consommation de combustible, ce moteur permet de réduire au minimum les frais accessoires de conduite et d'entretien.

Son fonctionnement entièrement automatique n'exige aucune fatigue de la part du personnel de service. Dans des installations bien étudiées, les travaux de visite et d'entretien s'exécutent très facilement.

Les groupes électrogènes à moteur Diesel peuvent s'établir aujourd'hui, en toute sécurité, depuis la puissance de quelques kilowatts jusqu'à près de 3000 kilowatts.

Les figures 12 et 13 représentent une installation de cette puissance.

Cette facilité d'emploi des combustibles les plus variés, jointe à son haut rendement thermique, assure au moteur Diesel un avantage considérable au point de vue des frais de combustible, la nature de ce combustible pouvant être choisie de la manière la plus avantageuse en tenant compte des frais de transport, de douane et d'octroi qui peuvent être appliqués dans les divers pays.

Grâce à cet éclectisme, le moteur Diesel a trouvé partout une alimentation économique et, de ce fait, les ressources en combustibles appropriés à son usage se développent chaque jour, au grand avantage de l'économie d'exploitation.

C'est ainsi qu'en France, où l'importation des huiles minérales est grevée de charges excessives, il a été possible de recourir, soit aux huiles de schiste, soit aux huiles de goudron produites dans le pays même en grande abondance.

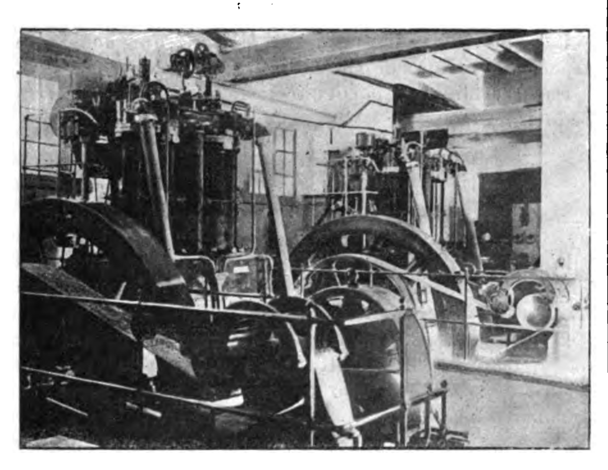


Fig. 14. — Installation de groupes électrogènes à moteurs Diesel de l'Hôtel des Postes d'Alger.

La figure 14 représente la station centrale de l'Hôtel des Postes d'Alger, qui comporte deux moteurs Diesel de 100 chevaux du type vertical de la Société des Moteurs thermiques construit par les Chantiers et Ateliers Augustin Normand; ces moteurs utilisent les huiles lourdes provenant d'Aïn-Zeft dans le département d'Oran.

Le prix effectif des divers combustibles dépend pour chaque cas particulier de l'importance des approvisionnements, des conditions de transport et des droits appliqués. Il n'est donc pas possible d'indiquer un chiffre uniforme, mais on peut compter disposer en moyenne de bonnes huiles de houille d'un pouvoir calorifique de 9000 cal au prix de 90 fr la tonne.

La consommation de ce combustible par cheval-heure n'étant que de 200 g, il en résulte qu'avec un rendement de 90 pour 100 des génératrices électriques associées aux moteurs Diesel, on obtient le kilowatt-heure avec une consommation de 330 g correspondant à 0,03 fr par kilowatt-heure.

Les électriciens pourront donc recourir avantageusement, dans les circonstances les plus variées, à l'emploi des moteurs Diesel. Il convient d'appeler particulièrement l'attention sur l'intérêt de l'emploi de ces machines comme complément des usines hydro-électriques.

L'irrégularité de la puissance disponible conduit à une très médiocre utilisation des forces hydrauliques naturelles. En effet, les services assurés ne peuvent correspondre qu'au minimum de la puissance hydraulique disponible, en sorte que le surplus est généralement perdu. En complétant les installations hydro-électriques par des usines thermiques, il est possible d'accroître notablement l'utilisation et, par suite, d'améliorer beaucoup les résultats financiers.

Dans le même but, il importe d'établir des secours efficaces pour parer aux accidents des installations hydrauliques ou des canalisations électriques de grandes longueurs.

Une des qualités essentielles des moteurs thermiques employés dans ces diverses circonstances doit être la réduction au minimum des dépenses pendant la période où la puissance hydraulique est suffisante et la mise instantanée en service, en cas de besoin. Le moteur Diesel qui peut rester prêt à une mise en marche immédiate, sans exiger aucune dépense, et qui peut être desservi par un personnel extrêmement réduit, satisfait mieux que tout autre à ces conditions.

C'est une des raisons pour lesquelles il mérite toute l'attention des électriciens. A. Bochet.

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Sur le rôle des ampères-tours longitudinaux au moment de la commutation dans les machines dynamo-électriques à courant continu (1).

Les ampères-tours longitudinaux, c'est-à-dire le nombre des ampères-tours contenus dans le double de l'angle de calage des balais, ont sur le flux de l'induit une action bien connue. Mais, suivant M. Swyngedauw, le rôle qu'ils jouent dans la commutation n'a pas été complètement compris parce qu'on les considérait comme constants.

M. Swingedauw calcule ces ampères-tours dans le cas d'un induit lisse sur la périphérie duquel les conducteurs sont régulièrement répartis, et dans l'hypothèse que la largeur d'un balai est égale à l'épaisseur d'une lame du collecteur.

(1) R. Swyngedauw, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLV, 9 décembre 1912, p. 1229-1232.



Désignons par 1 et 2 les lames mises en court circuit par le balai, 2 étant la lame la plus voisine de la ligne neutre, et considérons l'angle dièdre dont l'arête est l'axe de l'induit, dont l'une des faces est le plan diamétral qui passe par la connexion de la lame 2 avec l'enroulement induit, et dont l'autre face est le plan symétrique du précédent par rapport au plan neutre. Le nombre des conducteurs compris entre les faces du dièdre est égal à $2\gamma\frac{n}{c}$, n désignant le nombre des conducteurs périphériques portés par l'induit, c le nombre de lames du collecteur, 2γ le nombre entier ou fractionnaire de sections d'induit compris dans le dièdre.

Comptons le temps à partir de l'instant où la lame 2 va commencer à s'engager sous le balai; soit T la durée du court circuit. Depuis l'instant $t = 0$ jusqu'à l'instant $t = T$, la section connectée aux lames 1 et 2 est mise en court circuit; à l'instant $t = 0$ une ligne de force de flux principal rencontre un nombre d'ampères-tours antagonistes égal à

$$2\gamma\frac{n}{c}i_a + \frac{n}{c}(i_a + j),$$

i_a désignant le courant dans les conducteurs induits contenus dans l'angle de calage et j le courant dans les conducteurs de la section en court circuit, positivement compté dans le même sens que le premier; j a la valeur i_a à l'instant $t = 0$.

A l'instant t compris entre 0 et T, la lame 2 est couverte par le balai sur une fraction $\frac{t}{T}$ de sa surface, la section en court circuit s'est éloignée de la ligne neutre de la fraction $\frac{t}{T}$ d'une lame de collecteur; par suite l'angle dièdre défini précédemment comprend $\frac{2n}{c}\frac{t}{T}$ spires de plus qu'à l'instant $t = 0$, de sorte qu'à l'instant t la ligne de force du flux utile rencontre un nombre d'ampères-tours longitudinaux antagonistes égal à

$$A = 2\gamma\frac{n}{c}i_a + \frac{n}{c}(i_a + j) + \frac{2nti_a}{cT}.$$

C'est le rôle des ampères-tours $\frac{2nti_a}{cT}$ qui jusqu'ici a été négligé. Or, d'après des considérations exposées antérieurement par M. Swyngedauw [1], la variation des ampères-tours longitudinaux produit une variation de flux qui leur est proportionnelle. Cette variation de flux peut être considérée comme produite par la superposition au flux principal d'un flux antagoniste se fermant en partie à travers les inducteurs et en partie à travers l'air dans l'espace interpolaire, par ce que M. Swyngedauw a appelé les fuites à court trajet.

[1] Swyngedauw, *Sur la réaction d'induit dans les dynamos à courant continu* (*Bull. de la Société internationale des Electriciens*, 1908, p. 351).

La variation linéaire $\frac{2nti_a}{cT}$ des ampères-tours longitudinaux crée donc une variation de flux linéaire à travers chacune des spires de la section court fermée; cette variation induit dans chacune de ces spires une force électromotrice constante e_c proportionnelle au taux de variation de ces ampères-tours. On a par suite

$$e_c = 2k\frac{ni_a}{cT};$$

k est un coefficient constant qui dépend de la constitution des circuits électriques et magnétiques de l'induit, des inducteurs et du circuit des fuites; cT représente la durée d'un tour; par suite, lorsque l'induit tourne à raison de N tours par seconde, le mouvement du collecteur sous le balai crée, par réaction sur les ampères-tours longitudinaux, une force électromotrice constante

$$e_c = 2knNi_a.$$

Il est aisé de voir que cette force électromotrice favorise la commutation. En effet, le flux utile traverse les spires de la section en court circuit, en pénétrant par leur face gauche (pour le sens positif choisi pour j) et, par suite, une diminution du flux utile, engendre dans les spires une force électromotrice qui tend à créer un courant de sens contraire à celui qui parcourait la section avant le court circuit.

Mais d'autre part, Arnold a montré que le mouvement de la section court fermée dans le champ transversal de l'induit engendre une force électromotrice

$$e_q = k'nNi_a,$$

qui s'oppose à la commutation, k' étant une constante dépendant surtout de la réluctance du flux transversal.

Dans certains cas particuliers, les deux forces e_c et e_q s'équilibrent, mais ce n'est pas le cas général.

ACCUMULATEURS.

Accumulateur électrique [1].

D'après les inventeurs, il y aurait grand avantage à faire usage, pour l'empâtage des plaques, d'une matière active composée comme suit :

Pour les plaques positives : litharge 30 g, minium 100 g, peroxyde de cobalt noir 1 g. Pour les plaques négatives : litharge 100 g, minium 30 g, peroxyde de cobalt noir 1 g.

Le mélange dans les proportions indiquées est effectué à sec, puis il est soigneusement soumis à une trituration avec 5 pour 100 en poids d'eau oxygénée. Après séchage, on prépare alors la masse à l'acide sulfurique de la manière habituelle. Enfin on procède à l'empâtage par n'importe quel moyen convenable. T. P.

[1] G. Roisset, A. Roubes et G. Maratray, Addition 14776 au brevet français 429332, du 11 septembre 1911.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

MACHINES D'EXTRACTION.

La valeur économique des grosses installations de machines d'extraction électriques (¹).

Les bons résultats donnés par l'installation des premières grosses machines d'extraction électriques dans le bassin westphalien ont amené les constructeurs de machines d'extraction à vapeur à faire tous leurs efforts pour améliorer la consommation de ces dernières. Avec les nouveaux types de machines tandem jumelées, cette consommation est actuellement de 12 à 15 kg par cheval-heure pendant la période normale d'extraction. En se basant sur le prix de 2 marks pour la tonne de vapeur, prix admissible dans le bassin westphalien, les frais de consommation d'une telle machine à vapeur d'extraction s'élèvent à 2,4 à 3 pfennig par cheval-heure.

Une machine d'extraction électrique avec système Ilgner consomme environ 1,5 à 1,6 kilowatt-heure par cheval-heure effectif à l'extraction, ce qui correspond pour un prix de 2 à 2,5 pfennig le kilowatt-heure à un prix de 3,2 à 4 pfennig par cheval-heure effectif à l'extraction.

Les frais d'installation des machines électriques étant plus élevés que ceux des machines à vapeur, cette augmentation de consommation vient encore s'augmenter des frais d'amortissements et d'intérêts supplémentaires. Malgré cela, pourtant, les installations de machines électriques d'extraction se multiplient en Westphalie et, en regardant la chose de plus près, cela ne s'explique pas seulement par une plus grande facilité des manœuvres et une plus grande sécurité. A vrai dire, la valeur économique des machines d'extraction électriques est supérieure à celle qu'on peut déduire superficiellement des nombres donnés ci-dessus et demande à être étudiée d'une façon plus précise.

Il faut tout d'abord envisager quel système d'extraction électrique on emploie et déterminer exactement la dépense en énergie et les frais de production de cette énergie.

Parmi tous les systèmes qui ont été imaginés pour la commande électrique des machines d'extraction, les deux principaux qui se sont répandus le plus pour les grosses installations dans les provinces rhénanes, westphaliennes et silésiennes sont le système Ilgner d'une part et, d'autre part, la commande sans intermédiaire de la dynamo d'alimentation par une turbine à vapeur.

Ce dernier système présente sur le système Ilgner l'avantage de supprimer les pertes du transformateur à volant tout en conservant les avantages de manœuvre et de sécurité du système Léonard. Un générateur triphasé est, en général, couplé sur la même turbine et produit l'énergie nécessaire aux autres services de la mine, ce qui donne une charge de base à la turbine qui influence favorablement la consommation de vapeur.

Si cet alternateur marche en parallèle avec un autre et si le réseau triphasé produit dans une certaine mesure la compensation des à-coups dus à la machine d'extraction, on se trouve en présence du système Iffland. Naturellement, avec ce système, la consommation de la turbine dépend directement du service d'extraction. Le système Ilgner, lui, a l'avantage de produire une charge sensiblement constante sur le réseau et a une influence favorable sur la consommation de vapeur des turbines de la station centrale. Lors de la comparaison des deux systèmes, il faut envisager les points suivants :

D'un côté, influence directe des à-coups sur la consommation de vapeur, mais suppression du convertisseur; d'un autre côté, charge constante du réseau, mais perte dans le convertisseur. L'influence défavorable de la machine d'extraction sur la valeur de la consommation de vapeur d'une centrale se fait surtout sentir lorsqu'il est nécessaire d'adopter la vitesse de 1500 tours par minute, eu égard à l'accouplement direct de la génératrice à courant continu, au lieu de choisir 3000 tours, comme on le pourrait dans de très grosses installations et pour des puissances des alternateurs inférieures à 4000 kilowatts. Les turbines consomment, en effet, moins de vapeur à 3000 tours qu'à 1500. On peut pourtant quelquefois parvenir à utiliser la vitesse de 3000 tours en divisant la génératrice d'alimentation en deux machines couplées en série, chacune de puissance moitié et accouplées chacune à un alternateur de puissance convenable. Ceci n'est possible que si la demande d'énergie du réseau triphasé est suffisamment grande. L'exemple suivant va, du reste, donner une idée de l'influence des divers facteurs considérés : il s'agit d'alimenter une machine d'extraction située dans les environs d'une station centrale. La profondeur est de 600 m, le tonnage 1700 tonnes en 7 heures d'extraction réelle, soit environ 240 tonnes à l'heure. La charge de base du réseau triphasé pour les autres services comporte environ 2800 kilowatts. La consommation de vapeur est alors la somme de la consommation de la machine d'extraction et de celle de la charge de base.

La figure 1 représente la courbe de puissance résultante en fonction du temps ainsi que les consommations de vapeur à 3000 tours, d'une part, et à 1500 tours, d'autre part. Ces courbes ont été établies avec une turbine Zoelly pour une pression de vapeur de 12 atm, une température de vapeur de 330° et une température d'eau de refroidissement de 20°. La charge de base triphasée de 2800 kilowatts correspond à une puissance de la turbine de 4140 chevaux environ. En considérant la vitesse de 1500 tours on trouve que la consommation de vapeur est de 482,16 kg par cordée. En considérant l'emploi d'un système Ilgner, on peut envisager pour le turbo-groupe la vitesse de 3000 tours. La dépense d'éner-

1....

(¹) W. PHILIPPI, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 21 novembre 1912, p. 1205-1209.



gie mesurée aux bornes du groupe convertisseur est de 1,49 kilowatt-heure par cheval-heure effectif à l'extraction. La puissance effective pour une extraction horaire de 240 tonnes à une hauteur de 600 m comporte 534 chevaux, ce qui correspond à $534 \times 1,49 = 795,6$ kilowatts et la puissance totale fournie par l'alternateur de 3595,6 kilowatts. Dans ces conditions, la consommation du turbogroupe est de 5,9 kg de vapeur par kilowatt-heure; de sorte

Puissance en chevaux

Temps en secondes

Consommation de vapeur pour un cheval-heure

que la consommation totale pendant une cordée (81 secondes) comporte 477 kg de vapeur, chiffre un peu inférieur à celui que l'on avait trouvé avec le système Ilgner.

On obtient un résultat un peu meilleur encore en utilisant le système préconisé plus haut, de deux machines d'extraction ayant chacune une puissance moitié de la puissance totale et accouplées chacune à un alternateur de 3000 kilowatts. Pour une vitesse des groupes de 3000 tours et une charge de base de l'alternateur de 2800 kilowatts, la consommation totale de vapeur pendant une cordée s'abaisse à 467 kg.

A vrai dire, les chiffres ci-dessus n'indiquent pas d'une façon très nette une différence économique bien marquée entre ces différents systèmes, au point de vue de la consommation de vapeur. Le système Ilgner ne peut pas être pris en considération pour les installations où la distance entre le puits et la station est de plusieurs centaines de mètres; par contre, son installation et son fonctionnement sont simples; de plus, de nombreuses installations de ce système déjà depuis longtemps en service ont fait actuellement leurs preuves et permettent de comparer les nombres calculés à des résultats d'expérience.

Pour pouvoir apprécier le système Ilgner au point de vue économique, il faut tout d'abord avoir des renseignements précis sur la grandeur et le calcul des frais de production de l'énergie; il faut naturellement que ces frais soient aussi peu élevés que possible.

Il est assez difficile de déterminer d'une façon exacte le prix de revient de l'énergie dans les grandes mines de charbon, mais il est certain pourtant que les frais de production sont beaucoup moins élevés dans le cas présent que dans le cas des stations centrales urbaines, depuis l'amélioration dans la construction des gros moteurs pour utiliser directement le gaz des fours à coke et l'introduction des turbines à vapeur de grande puissance.

L'adjonction d'une grande machine d'extraction sur le réseau d'une station centrale a pour effet d'augmenter la charge et de diminuer le prix de revient de l'énergie électrique. De même que les frais d'installation d'une station centrale ne sont pas proportionnels à la puissance installée et augmentent moins vite que la proportion directe, de même les frais totaux de production de l'énergie n'augmentent pas dans la même proportion que la charge de la station. Si donc l'adjonction d'une machine d'extraction sur le réseau d'une station centrale fait que les frais totaux d'exploitation croissent moins rapidement

Capacité de l'usine génératrice en KW

que proportionnellement à la puissance, il n'est pas exact pour obtenir le prix de revient de l'énergie dépensée par cette dernière, de multiplier le nombre de kilowatts-heure

respondant par le prix de production jusqu'alors obtenu ; pour être absolument correct, il faudrait établir séparément les frais d'exploitation de la station centrale avant et après l'adjonction de la machine d'extraction et établir les prix de revient dans chacun de ces cas. L'auteur établit ensuite pour plusieurs stations centrales de grandeurs différentes les nombres les plus intéressants. Le tableau n° I indique les frais d'installation de stations centrales comprenant chacune trois turbo-groupes d'une puissance respective unitaire de 1000, 2000, 3000, 4000 kilowatts. On a supposé qu'on avait affaire à des groupes Zoelly à haute pression tournant à 3000 tours, la tension composée étant de 5000 volts, les groupes étant munis des condenseurs à surface accouplés directement à chacun d'eux.

La courbe de la figure 2 représente les frais de premier établissement (exprimés en marks) en fonction de la capacité de la station centrale. Le tableau II donne pour chacune des stations du tableau I les frais annuels de production de l'énergie électrique.

TABLEAU I. — *Frais d'installation de stations composées chacune de 3 turbo-groupes.*

USINES.	3 TURBO-GROUPES de chacun 1000 kw.	3 TURBO-GROUPES de chacun 2000 kw.	3 TURBO-GROUPES de chacun 3000 kw.	3 TURBO-GROUPES de chacun 4000 kw.
3 groupes composés de 1 turbine à vapeur avec condensation, alternateur triphasé, excitatrice et accessoires ainsi que les canalisations correspondant à chaque turbine à l'intérieur de l'usine	marks 315 000	marks 438 000	marks 555 000	marks 645 000
Pont roulant dans la salle des machines	6 000	7 000	8 000	9 000
Tableau de distribution, transformateurs pour les moteurs de condensation, éclairage, canalisations dans l'usine	45 000	55 000	65 000	75 000
Fondations des machines	12 000	18 000	21 000	24 000
Dimensions du bâtiment	15 × 25 m²	16 × 28 m²	17 × 31 m²	18 × 34 m²
Frais du bâtiment (90 marks au m²)	33 750	40 320	47 430	55 080
Total	411 750	558 320	696 430	808 080

TABLEAU II. — *Frais d'exploitation pour les stations ci-dessus :*

	POUR CHAQUE TURBO-GROUPE			
	1000 kw.	2000 kw.	3000 kw.	4000 kw.
Énergie annuelle produite en kw-h	$7,2 \times 10^6$	$14,4 \times 10^6$	$21,6 \times 10^6$	$28,8 \times 10^6$
Dépense spécifique de vapeur y compris les pertes dans les canalisations en kg par kw-h	7,35	7,15	6,93	6,85
Dépense totale de vapeur en tonnes	57 240	104 400	149 688	187 280
Dépense de production de vapeur (2 marks par tonne)	114 480	208 800	299 376	374 560
Dépense de graissage et de chiffons	1 200	1 600	1 900	2 100
Frais d'entretien (2 pour 100 du capital installation)	8 200	11 200	13 800	17 900
Salaires (2 machinistes, 2 électriciens à 1800 marks, 2 manœuvres à 1200 marks)	9 600	9 600	9 600	9 600
Intérêt (5 pour 100)	20 590	27 920	34 820	42 650
Amortissement (5 pour 100 machines, tableaux, etc.)	18 300	25 000	31 400	38 700
— (fondations et bâtiments)	1 370	1 750	2 950	3 370
Divers et pour arrondir	1 660	1 910	3 454	2 920
	175 400	287 780	395 400	489 900
Frais par kw-h en pfennig	2,43	2,0	1,83	1,70

On a supposé que la pression de vapeur était de 12 kg : cm², la température de la vapeur de 330° C., celle de l'eau de condensation de 20° ; de plus, on a admis que deux des groupes fonctionnaient avec 60 pour 100 de leur capacité ; la durée de marche était de 6000 heures par an, ce qui conduit à une utilisation de 27,7 pour 100.



L'amortissement de 5 pour 100 correspond à une durée des groupes de 14,4 années, ce qu'il est facile d'atteindre certainement avec les turbines à vapeur.

La figure 3 donne la courbe des frais de production d'énergie rapportés au kilowatt-heure en fonction de la capacité totale de la station. Si, sur le réseau d'une de ces stations, on ajoute une grosse machine d'extraction, un agrandissement de la station ne sera pas en général nécessaire parce qu'il est toujours possible de répartir judicieusement les heures de fonctionnement de la machine d'extraction avec celles des services secondaires. Si, pour cette raison ou pour d'autres, l'adjonction d'une machine d'extraction n'entraîne pas une augmentation de la puissance de la station centrale, le prix de revient du kilowatt-heure se trouve amélioré de ce fait.

Les tableaux III et IV contiennent les calculs des frais de production de l'énergie en fonction de la production totale annuelle pour une centrale contenant 3 unités de 2000 kilowatts (tableau III) et une autre contenant 3 unités de 3000 kilowatts (tableau IV). Ces tableaux sont traduits dans les courbes de la figure 4.

Ces calculs sont basés comme ci-dessus sur une durée d'utilisation de la station de 6000 heures par an.

Supposons qu'on ajoute sur le réseau d'une de ces stations une machine d'extraction pour un tonnage de 240 t à l'heure, un tonnage annuel de 480 000 t et une profondeur d'extraction de 600 m.

Pour calculer l'énergie dépensée annuellement par la machine d'extraction, il faudra raisonner de la façon suivante :

Pour la station de 3 × 2000 kilowatts. — Énergie dépensée par les autres services de la mine par année :

TABLEAU III. — *Frais de production d'une usine génératrice de 3 × 2000 kw, en fonction de l'énergie annuelle produite.*

		1 GROUPE.	2 GROUPES.	2 GROUPES.	2 GROUPES.	2 GROUPES.
Énergie annuelle produite en millions de kw-h		12	15	18	21	24
Utilisation de la puissance pour 1 ou 2 groupes pour 100		100	62,5	75	88	100
Dépense spécifique de vapeur (y compris les pertes dans les canalisations) kg par kw-h		6,7	7,15	6,9	6,8	6,7
Dépense annuelle de vapeur	tonnes	80 400	107 200	124 200	142 800	160 800
Frais de production annuels de vap^r (2 marks p^r tonne)	marks	160 800	214 500	248 400	284 600	321 600
Frais de graissage et de torchons	»	1 100	1 600	1 800	2 000	2 200
Frais d'entretien de l'installation	»	10 000	11 200	11 600	12 000	12 400
Salaires	»	9 200	9 200	9 200	9 200	9 200
Intérêt (5 pour 100)	»	27 920	27 920	27 920	27 920	27 920
Amortissement (5 pour 100)	»	26 750	26 750	26 750	26 750	26 750
Divers et pour arrondir	»	1 830	1 930	1 030	2 130	2 230
		237 600	293 100	327 700	364 600	402 300
Frais par kw-h en pfennig		1,97	1,95	1,82	1,74	1,68

TABLEAU IV. — *Frais de production d'une usine génératrice de 3 × 3000 kw. en fonction de l'énergie annuelle produite.*

		1 GROUPE.	2 GROUPES.	2 GROUPES.	2 GROUPES.	2 GROUPES.
Énergie annuelle produite en millions de kw-h		18	22,5	27	31,5	36
Utilisation de la puissance de 1 ou 2 groupes		100	62,7	75	87,7	100
Dépense spécifique de vapeur (y compris les pertes dans les canalisations) kg par kw-h		6,5	7,15	6,9	6,8	6,7
Dépense totale annuelle de vapeur	tonnes	117 000	155 925	181 710	208 530	234 000
Frais de production annuelle de vap^r (2 marks p^r tonne)	marks	234 000	311 850	363 420	417 060	468 000
Frais de graissage et de torchons	»	1 400	1 900	2 200	2 500	2 800
Frais d'entretien de l'installation	»	12 000	13 800	14 400	15 000	15 600
Salaires	»	9 200	9 200	9 200	9 200	9 200
Intérêt (5 pour 100)	»	34 820	34 820	34 820	34 820	34 820
Amortissement (5 pour 100)	»	26 750	26 750	26 750	26 750	26 750
Divers et pour arrondir	»	1 830	1 930	2 030	2 130	2 230
		327 200	407 500	460 100	514 800	566 800
Frais par kw-h en pfennig		1,82	1,81	1,7	1,63	1,57

15 millions de kilowatts-heure; après l'adjonction de la machine d'extraction cette énergie, en supposant une dépense de 1,72 kilowatt-heure par cheval effectif à l'extraction, est portée à 15 + 1,833 = 16,833 millions

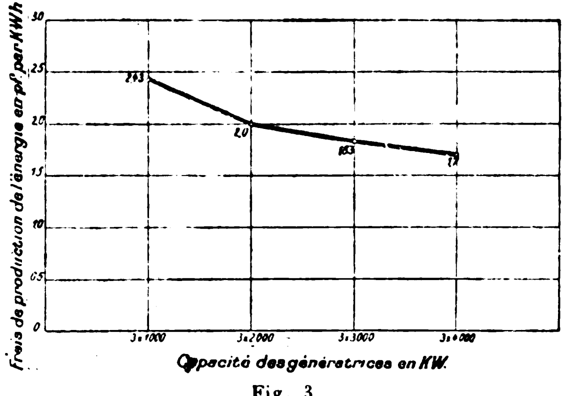


Fig. 3.

de kilowatts-heure. Les frais correspondant à 15 millions de kilowatts-heure comportent 293 100 marks; on déduit de la courbe 4 que ceux qui correspondent à 16,833 millions de kilowatts-heure correspondent à 318 144 marks.

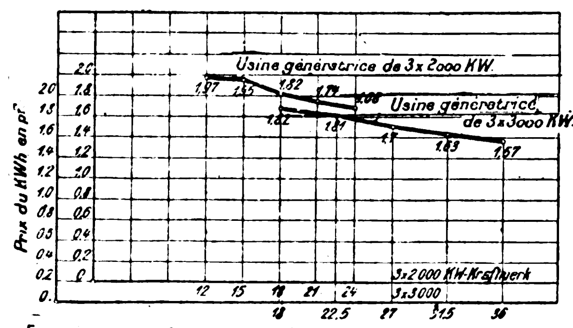


Fig. 4.

Les frais totaux d'exploitation de l'usine se sont donc accrus par l'adjonction de la machine d'extraction de 25 044 marks, ce qui correspond aux frais totaux annuels d'énergie utilisée par cette machine. A l'aide du même raisonnement, on trouverait que, pour une station centrale composée de 3 unités de 3000 kilowatts, les frais annuels seraient de 23 194 marks.

Il ressort de ceci que, pour un siège d'extraction important, comme les frais de premier établissement des stations sont loin de croître proportionnellement à la puissance installée et que, par exemple, une station de 3 × 4000 kilowatts ne coûte guère que le double d'une station de 3 × 1000 kilowatts; il est avantageux d'alimenter par la même usine le plus grand nombre possible de services, pour diminuer le prix de revient du kilowatt-heure. Dans les premières années naturellement, cette station ne sera que peu chargée, mais cela a assez peu d'importance parce qu'une petite turbine à pleine charge n'a qu'une consommation de vapeur légèrement inférieure à celle d'une grosse turbine incomplètement utilisée, comme le montre la figure 5.

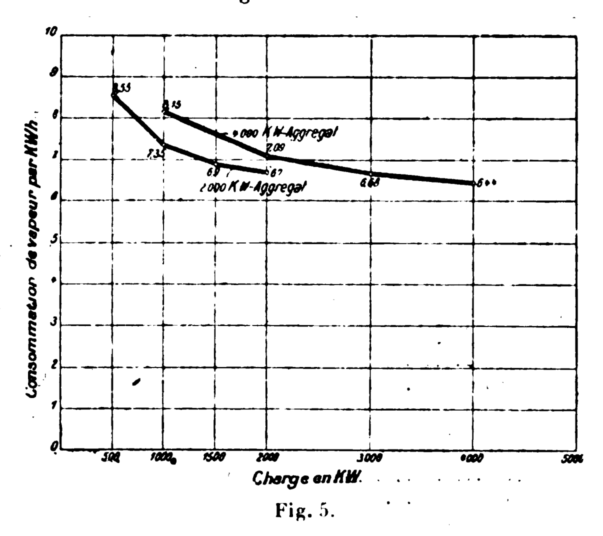


Fig. 5.

Il est donc préférable toujours, dans le cas qui nous occupe, et en prévision des agrandissements futurs, de choisir des unités aussi grandes que possible.

Si nous voulons maintenant passer à la détermination de la consommation annuelle d'une machine d'extraction, nous constatons qu'en tenant compte de l'énergie employée par heure à l'extraction, nous n'obtenons pas le résultat exact, parce qu'il n'est pas possible de se baser sur une utilisation complète de l'installation; la valeur de cette dernière étant en réalité plus petite que celle qu'on admettrait.

Pour obtenir un résultat logique, il faut prendre les données moyennes résultant des essais effectués sur plusieurs grandes installations semblables.

Le tableau V indique, pour plusieurs grandes installations de machines électriques et de machines à vapeur de la région westphalienne, les résultats obtenus par l'Association de surveillance des chaudières du District de Dortmund et par l'Association des Ingénieurs allemands.

On voit, d'après ce tableau, que l'installation Deutscher Kaiser est mal utilisée; la profondeur et le tonnage sont environ la moitié de ceux qu'on avait prévus lors de la construction. La consommation est élevée et comporte 2,29 kilowatts-heure.

L'installation de Rheinelbe est aussi médiocrement utilisée, environ 55,60 pour 100. Seul, parmi ces trois essais, le puits Emscher Lippe, avec une utilisation de 77,6 pour 100, donne de bons résultats.

Pour les machines à vapeur également, la consommation est d'autant meilleure que l'utilisation est plus complète. Les résultats obtenus au puits Westerholt sont remarquables avec 13,34 kg de vapeur.

Si l'on veut maintenant déterminer la consommation annuelle de vapeur d'une machine à vapeur d'extraction, on ne peut pas employer les nombres précédents sans les corriger, parce que la machine doit être tenue sous vapeur les dimanches et jours de fêtes, et consomme une

TABLEAU V. — *Consommation de vapeur et d'énergie des machines d'extraction de la région Westphalienne.*

NOM DE L'INSTALLATION.	CAPACITÉ.			DURÉE DE L'ESSAI 8 HEURES.						RÉSULTATS pendant 24 heures.	
	Tonnes à l'heure.	Profondeur d'extraction.	Énergie à l'extraction chevaux-heure.	Tonnes à l'heure.	Profondeur d'extraction.	Énergie à l'extraction chevaux-heure.	Consommation d'énergie kw-h par cheval-heure.	Consommation de vapeur kg par cheval-heure.	Utilisation pour 100.	Consommation d'énergie kw-h par cheval-heure.	Consommation de vapeur kg par cheval-heure.
Machines d'extraction électriques Deutscher-Kaiser........	150	700 m	390	85,4	378 m	119,6	2,29	—	30,7	2,7	—
Rheinelbe	127,5	1000	473	192	369	262,7	1,67	—	55,6	2,03	—
Emscher Lippe	216	900	722	225	670	559,1	1,39	—	77,6	1,56	—
Machines d'extraction à vapeur Schürbank et Charlottenburg ..	132	800	392	141	603	313,8	—	16,46	80	—	34,1
Julia	126	800	374	123	409	187	—	26,82	50	—	30,96
Hélène et Amalie	110	678	277	90,4	554	185,6	—	24,7	67	—	23
Wilhelmine Victoria..	140	800	415	122	607	274,5	—	21,13	66,2	—	27,8
Westerholt	114,5	800	340	145,8	534	288,4	—	13,34	85	—	non mesuré

quantité de vapeur variable avec la longueur et l'étanchéité des canalisations et avec le nombre des cordées effectuées pour les visites du puits et autres travaux. On n'a malheureusement pas encore effectué d'essais sur cette consommation des dimanches et jours de fêtes pendant une année. Il ne faut pas, d'autre part, pour établir les comparaisons, prendre comme chiffres les consommations correspondant à la période active de l'extraction.

Le tableau V montre, en effet, d'une façon très nette la différence qui peut exister entre les chiffres relevés à pleine extraction et ceux qui correspondent à une période de 24 heures. Cette différence est notablement très sensible pour le puits Schürbank et Charlottenburg, où la différence est d'environ 46 pour 100. Cela tient à ce que la montée et la descente du personnel, ainsi que les autres manœuvres influent sur le chiffre correspondant à 24 heures, tandis que l'autre nombre avait été établi pendant le poste de 8 heures où l'extraction avait été la plus active. Malgré cela, les nombres établis donnent une idée de la grandeur des consommations des machines à vapeur modernes et peuvent être utilisés pour des estimations premières. Il faut pourtant bien se garder de prendre des nombres trop faibles et toujours considérer que la consommation de vapeur est sensible aux irrégularités de marche, aux fuites dans les soupapes et les canalisations et à l'habileté des mécaniciens.

Avec les machines électriques, il est toujours très facile d'évaluer la consommation d'énergie à l'aide des compteurs. Le tableau VI montre les résultats obtenus sur plusieurs installations d'extraction électrique; ce tableau montre également que le rendement global est favorable lorsque l'installation est convenablement utilisée (tableau VI).

On reproche souvent aux installations Ilgner de travailler très défavorablement lorsque le coefficient d'utilisation de l'installation est peu élevé. Il est naturel que, si la vitesse d'une cordée doit rester aussi grande pour un nombre restreint de cordées que pour l'utilisation complète, la dépense par cordée dans ce cas sera la même; et les pertes à vide du groupe convertisseur augmenteront.

On déduit de là que, si une installation d'extraction doit, pendant un certain temps, fonctionner en charge réduite, il est économique de diminuer la vitesse de chaque cordée dans une proportion telle qu'il soit possible de fonctionner sans volant. La grandeur du moteur du convertisseur et la capacité de la station servent à déterminer la valeur de cette vitesse, car il faut naturellement que, lors du fonctionnement sans volant, le moteur du convertisseur et la station centrale soient capables de supporter les pointes du diagramme d'extraction.

Dans l'exemple ci-dessus, le moteur du convertisseur pour le nombre normal de cordées et l'emploi du volant doit être capable d'une puissance de 1000 chevaux environ. Si l'on tient compte que la capacité de surcharge est de 10 pour 100 environ, il est possible d'admettre, lors du fonctionnement sans volant, une vitesse d'environ 7 m : s au lieu de 16 m : s quand on emploie le volant, le nombre de cordées étant réduit à 30 par heure, et le coefficient d'utilisation à 67,5 pour 100. La dépense d'énergie, dans ces conditions est d'environ 1,35 kilowatt-heure par cheval-heure à l'extraction. Si donc le tonnage extrait par heure peut l'être en 30 cordées, il est possible de fonctionner sans volant, si le dimensionnement de la station centrale et celui du moteur le permettent. Il est donc intéressant, dans les installations Ilgner, de disposer le volant de façon qu'on puisse facilement le découpler de l'arbre.

Les machines d'extraction électriques offrent de plus, sur les machines à vapeur, des avantages qu'il est difficile



TABLEAU VI. — *Résultats d'essais sur des machines électriques d'extraction.*

NOM DE L'INSTALLATION.	MODE DE CONSTRUCTION de la partie mécanique.	MODE DE CONSTRUCTION de la partie électrique.	CHARGE normale par cordée.	PROFONDEUR d'extraction pendant les essais.	L'INSTALLATION est construite pour	DURÉE de l'essai.	TONNAGE total extrait.	UTILISATION pour 100.	CONSOMMATION d'énergie kw-h par cheval-heure à l'extraction.
Puits de Wendel, Pelkun, près Hamm	Poulie Kœpe D = 6,4 m.	Ilgner	5 600 kg	740 m	175 tonnes à l'heure 900 m.	365 jours	335 704 t	—	1,54
Mine Castellengo, Ruda, O.S.	Poulie Kœpe D = 5 m.	»	2 300	267	180 tonnes à l'heure 260 m.	11 heures	1 238	62,5	1,53
Mine de potasse Krugershall	Poulie Kœpe D = 5 m.	»	1 500	750	70 tonnes à l'heure 750 m.	365 jours	112 647	—	1,73
Mine de potasse, Salzdetfürth	Poulie Kœpe D = 5 m.	»	3 100	675	102 tonnes à l'heure 820 m.	6 h 50 m.	517	61,5	1,4
Usine allemande Solway, Bernbrug	Tambour cylindrique D = 6 m.	»	3 200	476	180 tonnes à l'heure 500 m.	3 mois	10 950	—	1,59
Usines allemandes de potasse, Bernterode	Poulie Kœpe D = 6 m.	»	1 700	572	80 tonnes à l'heure 572 m.	8 h 52 m.	440	63	1,51

de chiffrer au point de vue des dépenses d'huile, de chiffons et réparations. Enfin, elles permettent d'installer directement la machine d'extraction électrique sur le chevalement de la mine, ce qui conduit dans beaucoup de cas à une économie sensible de l'installation, car si les frais de construction du chevalement sont plus élevés, cette augmentation ne correspond pas au prix supplémentaire qu'il faut envisager pour une machine d'extraction sur le sol, surtout si l'on rencontre quelques difficultés dans les fondations. Il est à remarquer du reste que l'adhérence du câble sur la poulie Kœpe est bien meilleure avec cette disposition, qui permet de supprimer les changements de direction du câble; il suffit en effet de l'enrouler autour de la poulie Kœpe et de le ramener vers le centre des deux compartiments du puits, d'une quantité égale à la différence entre le rayon de la poulie Kœpe et la moitié de la largeur de chaque compartiment.

E. P.

Règlement pour l'essai des ventilateurs. — La *Zeits. des Ver. deutsch. Ingen.*, du 2 novembre, publie le projet de règlement pour les essais des ventilateurs, élaboré par une Commission de la Société des Ingénieurs allemands.

Le projet en question est destiné à réglementer les essais de rendement des ventilateurs rotatifs. Il énumère les divers facteurs que l'on peut avoir intérêt à connaître, quand il s'agit du fonctionnement d'une installation de ventilation, indique la nature et la durée des essais à effectuer à cet effet, selon la destination de ces facteurs et notamment les pressions statique, dynamique et totale d'un gaz. Il donne ensuite une formule pour le calcul des rendements isotherme et rapporté au gaz au repos, des ventilateurs essayés, ainsi que diverses formules simplifiées, pour déterminer la section équivalente d'un réseau de distribution.

Pour l'exécution des essais de rendement, il détermine les points entre lesquels doivent être faites les mesures des pressions et les moyens à employer pour mesurer le volume du gaz. Puis il indique comment on doit opérer pour mesurer le débit des ventilateurs d'aération des mines et des autres ventilateurs industriels aspirants ou foulants ainsi que la nature des manomètres à utiliser à cet effet.

Emploi de l'électricité dans les puits à pétrole. — D'après *Electrical Review*, des Etats-Unis, l'emploi du courant électrique, dans les puits à pétrole de Californie, permet de réduire considérablement les frais d'exploitation. L'épuisement et le forage des puits au moyen de l'électricité reviennent à bien meilleur compte que les mêmes opérations effectuées au moyen de toute autre méthode. On estime que le fonctionnement des pompes actionnées à la vapeur revient en moyenne à 46,8 fr par jour et par puits, tandis que le même fonctionnement, au moyen de l'électricité, ne coûte pas plus de 5,30 fr. La plupart des puits en exploitation ont environ 450 m de profondeur, pourtant on en rencontre certains qui mesurent jusqu'à 900 m.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

RADIOTÉLÉGRAPHIE.

Utilisation des deux ondes émises par un transmetteur à accouplement rigide en radiotélégraphie (¹).

INTRODUCTION. — C'est un fait bien connu que lorsqu'une antenne dans un transmetteur de télégraphie sans fil est accouplée rigidement à un circuit oscillant fermé, elle émet une onde complexe, qui est en forme de battement et peut se décomposer en deux ondes simples. Lorsqu'on reçoit ces ondes, il est d'un usage courant de syntoniser l'appareil sur l'une ou l'autre d'entre elles, et, de ce fait, une partie considérable de l'énergie rayonnée ne peut pas être absorbée par le récepteur. Il semble au premier abord qu'il est regrettable de n'utiliser qu'une seule onde en abandonnant l'autre qui représente une égale énergie; de là, il n'y a qu'un pas pour tenter d'obtenir un meilleur résultat par la réception simultanée des deux ondes transmises.

A ce propos, plusieurs méthodes ont été proposées par MM. G. Seibt, J. Hettinger et J.-A. Fleming, mais, à notre connaissance, elles ne furent accompagnées d'aucune preuve expérimentale.

La méthode qui va suivre, proposée par les auteurs, demandait à être essayée pour résoudre le problème. Bien que nous n'ayons obtenu aucun avantage par l'utilisation des deux ondes au cours de nos expériences de juin à septembre 1911, il est cependant très intéressant de remarquer que les deux ondes furent en tous les cas utilisées dans le récepteur.

PRINCIPE GÉNÉRAL. — Si la longueur d'onde propre de l'antenne et celle du circuit oscillant fermé, mesurées séparément, sont trouvées toutes deux égales à λ_0, et que le coefficient d'accouplement des deux circuits est k, comme, dans un transmetteur ordinaire, les deux ondes émises λ_1 et λ_2 sont respectivement

$$\lambda_1 = \lambda_0\sqrt{1+k},$$
$$\lambda_2 = \lambda_0\sqrt{1-k}.$$

Dans la pratique courante, on accorde le récepteur sur λ_1 ou sur λ_2 et, par suite, les conditions électriques du circuit de l'antenne et de celui du détecteur dans le récepteur se trouvent être différents de celles du transmetteur. Mais maintenant, nous nous proposons de placer notre récepteur dans des conditions électriques identiques à celles du transmetteur, c'est-à-dire d'ajuster les longueurs d'onde et le coefficient d'accouplement de l'ensemble récepteur aux valeurs λ_0 et k qu'ils ont dans le transmetteur. De cette façon, la longueur d'onde composée du récepteur sera certainement égale à celle du transmetteur et ses composantes λ_1 et λ_2 résonneront exactement avec celles de ce dernier. Ceci est le principe de notre méthode de double résonance.

EXPÉRIENCES PRÉLIMINAIRES. — 1. La première question est de déterminer quelles sont les longueurs d'onde à la transmission donnant le maximum d'effet au récepteur qui possède une longueur d'onde composée de λ_1 et λ_2 pour un accouplement serré des bobines primaires et secondaires, celles-ci ayant la même longueur d'onde λ_0.

Pour élucider ce point, nous avons monté un récepteur du système représenté par la figure 1, et nous avons réglé

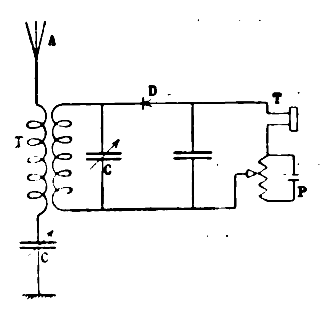


Fig. 1.
A antenne; T transformateur Tesla; C condensateur; D détecteur; P potentiomètre; T téléphone.

les longueurs d'onde du primaire et du secondaire à 443 m. Dans le voisinage était installé un ensemble transmetteur constitué en intercalant un petit éclateur dans le circuit oscillant d'un ondemètre. Nous avons observé alors les longueurs d'onde donnant le maximum d'effet au récepteur. L'accouplement au récepteur variait progressivement et les longueurs d'onde transmises étaient variées graduellement pour chaque valeur de l'accouplement dans le récepteur.

Les données recueillies et calculées figurent au Tableau I.

TABLEAU I. — Juillet 1911.

Distance d'accouplement	Mesuré: Longueurs d'onde en mètres des ondes donnant le maximum de réception. λ_1.	λ_2.	Calculé: $\lambda_0=\sqrt{\frac{\lambda_1^2+\lambda_2^2}{2}}$.	$\frac{\lambda_0}{443}$.
en augmentant. ↓	525	350	446	1,007
	520	355	445	1,005
	505	395	453	1,023
	485	404	446	1,007
	462	—	—	—
	457	422	440	0,993

Il découle de ces résultats que le système récepteur peut recevoir deux ondes λ_1 et λ_2, complètement différentes de la longueur d'onde propre du primaire et du secondaire. Nous avons calculé

$$\lambda_0 = \frac{\sqrt{\lambda_1^2+\lambda_2^2}}{2} \quad \text{et} \quad \frac{\lambda_0}{443}$$

(¹) W. TORIKATA et E. YAKOYAMA, *Electrician*, t. LXX, 11 octobre 1912, p. 22-25.

la première exprime la relation entre les longueurs d'onde des deux circuits oscillants et les deux ondes émises par le transmetteur.

Ces relations montrent que λ_1 et λ_2 coïncident avec les deux ondes qui seraient émises par le système récepteur s'il fonctionnait comme transmetteur.

2. Lorsqu'on place en dedans de la limite d'action mutuelle, d'une part, un transmetteur dont le secondaire et le primaire ont la même longueur d'onde λ_0 et sont accouplés avec le coefficient k, d'autre part un récepteur dont le primaire et le secondaire ont tous deux également la même longueur d'onde λ_0 et peuvent être accouplés avec une certaine rigidité, quel sera le coefficient d'accouplement qui donnera la plus forte réception ?

Pour résoudre cette question, nous avons employé le montage représenté par la figure 2. Dans ce système, nous

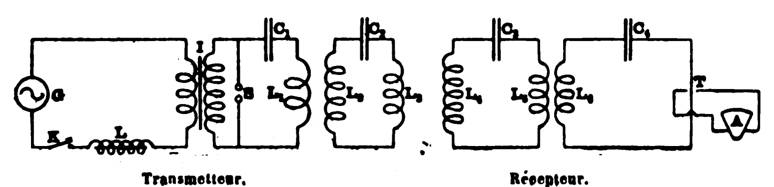


Fig. 2.

G Générateur;
L Bobine de réactance à noyau de fer;
K Clef;
$C_1 C_2 C_3 C_4$ Condensateurs;
A Galvanomètre;
$L_1 L_2 L_5 L_6$ Transformateurs Tesla;
$L_3 L_4$ Bobines d'induction sans noyau de fer;
I Bobine d'induction;
S Éclateur.
T Couple thermo-électrique.

avons réglé la longueur d'onde propre des quatre circuits oscillants ($SC_1 L_1$, $L_2 C_2 L_3$, $L_4 C_3 L_5$ et $L_6 C_4 T$) à une même valeur égale à 247 m. Les deux circuits $SC_1 L_2$ et $L_2 C_2 L_3$ étaient accouplés rigidement. Nous avons trouvé par une mesure effective que les deux ondes émises étaient respectivement égales à 282 et 207 m. De ces longueurs d'ondes, nous avons déduit par le calcul un coefficient d'accouplement voisin de 0,3. Ce système était utilisé comme transmetteur, et l'autre, $L_4 C_3 L_5$ et $L_6 C_4 T$, comme récepteur; la distance entre les deux systèmes était assez grande. Les conditions de fonctionnement du transmetteur étaient invariables et les lectures au galvanomètre A se faisaient d'après les variations du coefficient d'accouplement entre $L_4 C_3 L_5$ et $L_6 C_4 T$. Les résultats sont réunis au Tableau II et présentés sous forme de courbe à la figure 3 :

TABLEAU II. — Juillet 1911.

Coefficient d'accouplement du Tesla récepteur.	Déviations du galvanomètre.	Coefficient d'accouplement du Tesla récepteur.	Déviations du galvanomètre.
0,062	5,0	0,235	38,0
0,070	5,0	0,250	49,5
0,080	6,0	0,270	55,0
0,090	7,0	0,280	57,5
0,105	8,0	0,295	57,5
0,113	8,0	0,310	46,5
0,120	8,0	0,330	39,0
0,135	11,0	0,345	30,0
0,150	15,0	0,360	26,5
0,165	18,5	0,375	21,5
0,180	23,0	0,400	16,0
0,200	27,0	0,420	95,0
0,220	38,0	0,425	14,5

Des résultats ci-dessus il devient évident que l'effet maximum est obtenu quand le coefficient d'accouplement dans le récepteur coïncide avec celui du transmetteur, c'est-à-dire qu'un tel ensemble récepteur placé dans la limite d'action d'un tel transmetteur à accouplement serré peut absorber simultanément les deux ondes provenant de ce dernier et donner ainsi le maximum de courant induit.

Dans la pratique de la radiotélégraphie, la distance maxima pour les signaux dépendra des propriétés du

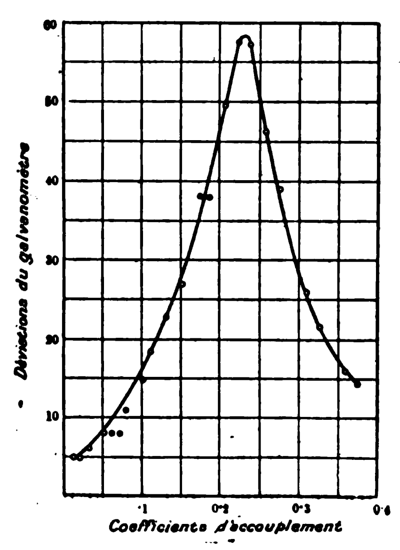


Fig 3. — Courbe des déviations du galvanomètre en fonction du coefficient d'accouplement.

détecteur, et si nous admettons qu'on atteint le maximum de distance quand on a le maximum de courant induit dans le récepteur, nous pourrons dès lors avoir le meilleur résultat en réglant la longueur d'onde propre λ_0 et le coefficient d'accouplement k pour qu'ils soient identiques dans le récepteur et dans le transmetteur.

EXPÉRIENCES DANS DES STATIONS DE RADIOTÉLÉGRAPHIE. — **1.** *Méthode de vérification.* — Les figures 4 et 5 montrent les schémas du transmetteur et du récepteur employés dans ces expériences.

Dans le transmetteur (*fig.* 4), les longueurs d'onde

propres de l'antenne et du circuit oscillant fermé furent réglées séparément à la valeur λ_0 et les deux furent accouplés d'une manière très lâche; par conséquent le système émettait une onde unique λ_0. L'onde émise était reçue par un système récepteur à accouplement très lâche (*fig.* 5), bien syntonisé avec le précédent. En raison

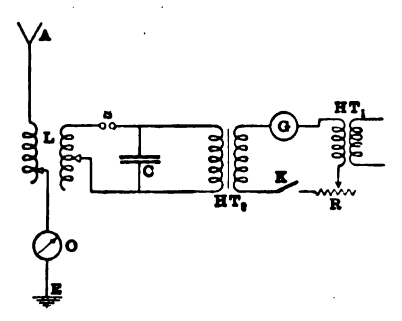


Fig. 4. — Transmetteur.

A Antenne;	G Ampèremètre à courant alternatif;
L Transformateur Tesla;	K Clef;
O Ampèremètre;	R Rhéostat;
S Éclateur;	HT_1 Transformateur;
C Condensateur;	E Terre.
HT_2 Transformateur à haute tension.	

de la syntonie, chacun des circuits oscillants du récepteur avait la même longueur d'onde λ_0.

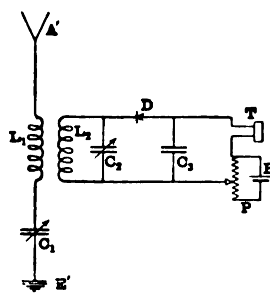


Fig. 5. — Récepteur.

A' Antenne;	C_3 Condensateur shuntant le téléphone.
L_1 Tesla primaire;	D Détecteur;
L_2 Tesla secondaire;	T Écouteur téléphonique;
C_1 Condensateur d'antenne;	B Batterie;
C_2 Condensateur du circuit fermé;	P Potentiomètre;
	E' Terre.

L'accouplement du Tesla transmetteur fut augmenté de plus en plus et progressivement en changeant la distance entre le primaire et le secondaire, de sorte qu'on obtint pour chaque cas deux ondes, leurs longueurs différant davantage à mesure que l'accouplement devenait plus rigide.

Le coefficient d'accouplement k peut se calculer par la formule

$$k = \frac{\lambda_1^2 - \lambda_2^2}{\lambda_1^2 + \lambda_2^2},$$

où λ_1 et λ_2 représentent les longueurs des deux ondes émises qui, en pratique, peuvent être mesurées au moyen d'un ondemètre. Les deux ondes du transmetteur furent reçues séparément à l'aide de systèmes récepteurs à accouplement lâche ou à double résonance, et l'on compara les intensités. Dans la réception à accouplement lâche, les condensateurs variables C_1 et C_2 de la figure 5 furent réglés pour obtenir la résonance avec les différentes longueurs d'ondes du transmetteur. Quant à la double résonance, le circuit fermé et le circuit d'antenne du récepteur furent tous deux réglés sur ceux du transmetteur; et l'on fit varier l'accouplement jusqu'à la position donnant la plus forte réception aux écouteurs téléphoniques. Cette position est celle du degré d'accouplement identique à celui du transmetteur.

En dehors de l'expérience préliminaire dont il est question plus haut, il fut bien établi, dans l'expérience actuelle, que ce réglage du système récepteur était la position de résonance pour les deux ondes transmises. Deux ondes exactement égales à λ_1 et λ_2 respectivement furent émises à plusieurs reprises, et la position ci-dessus de double résonance fut vérifiée correspondre à λ_1 ou λ_2 ou bien aux deux d'une façon plus efficace.

Dans le transmetteur, la disposition du système fut conservée invariable si ce n'est l'accouplement du transformateur Tesla. L'intensité des signaux reçus était mesurée par la valeur d'une résistance placée en shunt sur le téléphone, permettant de réduire le son jusqu'à l'éteindre presque complètement.

Les expériences furent faites entre les stations radiotélégraphiques de Choshi, Otchishi et Shiomisaki d'une part, et le laboratoire de sans fil du Département des Communications, à Tokio, les trois premières servant de postes récepteurs et le dernier de transmetteur. Les positions relatives et les distances des quatre stations désignées sont indiquées sur la figure 6.

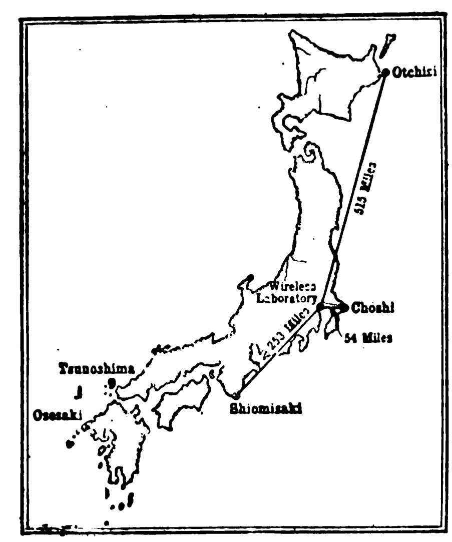


Fig. 6. — Stations côtières du Japon.

2. *Résultats.* — Les expériences pratiques ont été faites plusieurs fois et à des jours différents. Les résultats sont rassemblés dans les Tableaux qui suivent.

TABLEAU III (*a*). — Résultats à Otchishi, les ondes étant reçues du Laboratoire de minuit à 4 h du matin, le 9 septembre. Longueur d'onde propre du transmetteur, 508 m.

Valeurs de *k* au transmetteur.		0.	0,1.	0,2.	0,3.
Double résonance.	Dist. d'accouplement en cm...	12,5	10,0	7,0	4,0
	Résist. shuntant le téléphone en ohms.........	30	50,0	110,0	90,0
Ondes longues reçues.	Dist. d'accouplement en cm...	—	10,5	14,0	12,0
	Résist. shuntant le téléphone en ohms.........	—	30,0	100,0	70,0
Ondes courtes reçues.	Dist. d'accouplement en cm...	—	10,5	13,5	11,5
	Résist. shuntant le téléphone en ohms.........	—	70,0	150,0	110,0

Nota. — Les distances d'accouplement et les valeurs des shunts du téléphone sont désignées respectivement par les lettres D et R dans les Tableaux qui suivent :

TABLEAU III (*b*). — Résultats à la station de Shiomisaki recevant les mêmes signaux qu'au Tableau III (*a*).

Valeurs de *k* au transmetteur.		0.	0,1.	0,2.	0,3.
Double résonance.....	*D*.....	25,4	16,0	2,2	1,5
	R.....	280,0	320,0	220,0	240,0
Ondes longues reçues.	*D*.....	—	25,0	25,0	25,0
	R.....	—	320,0	250,0	260,0
Ondes courtes reçues..	*D*.....	—	25,0	25,0	25,0
	R.....	—	300,0	240,0	260,0

TABLEAU IV (*a*). — Résultats à la station d'Otchishi, ondes reçues du Laboratoire de minuit 30 à 4 h, le 14 septembre. Longueur d'onde propre du transmetteur, 505 m.

Valeurs de *k* au transmetteur.	0.	0,1.	0,2.	0,3.
Double résonance *R*.....	140-60	220-60	300-110	150-50
Ondes longues reçues *R*.	—	170-60	400-90	130-40
Ondes courtes reçues *R*.	—	150-80	550-120	300-100

Nota. — Dans l'expérience du Tableau IV (*a*), l'intensité des signaux reçus était extrêmement variable, si bien que les valeurs du shunt du téléphone furent prises pour les maxima et les minima.

TABLEAU IV (*b*). — Résultats à la station de Shiomisaki, recevant les mêmes signaux qu'au Tableau IV (*a*).

Valeurs de *k* au transmetteur.	0.	0,1.	0,2.	0,3.
Double résonance *R*........	210	320	270	320
Ondes longues reçues *R*....	—	200	280	290
Ondes courtes reçues *R*.....	—	240	300	360

TABLEAU V (*a*). — Résultats à la station d'Otchishi, ondes reçues du Laboratoire de 2 h 30, le 14 septembre à 1 h le 15 septembre. Longueur d'onde propre du transmetteur, 505 m.

Valeurs de *k* au transmetteur.	0.	0,1.	0,2.	0,3.
Double résonance *R*...	120-80	130-80	200-120	600-120
Ondes longues reçues *R*.	—	130-80	200-110	600-110
Ondes courtes reçues *R*.	—	150-140	400-300	3000-350

TABLEAU V (*b*). — Résultats à la station de Shiomisaki recevant les mêmes signaux qu'au Tableau V (*a*).

Valeurs de *k* au transmetteur.	0.	0,1.	0,2.	0,3.
Double résonance *R*........	250	280	330	380
Ondes longues reçues *R*....	—	280	340	350
Ondes courtes reçues *R*.....	—	300	420	390

TABLEAU VI. — Résultats à la station de Choshi, ondes reçues du Laboratoire de 11 h 30 à 16 h, le 9 octobre ; longueur d'onde propre du transmetteur, 600 m.

Valeurs de *k* au transmetteur.	*D.*	*R.*
0,0.........................	18-15	210
0,05.........................	17,0	180
0,15.........................	12,0	130
0,20.........................	11,4	160
0,25.........................	10,8	270

TABLEAU VII. — Résultats à Choshi, ondes reçues du Laboratoire de 8 h 30 à 18 h, le 10 octobre. Longueur d'onde propre du transmetteur, 600 m.

Valeurs de *k* au transmetteur.	Double résonance.		Ondes longues reçues.		Ondes courtes reçues.	
	D.	*R.*	*D.*	*R.*	*D.*	*R.*
0,0.......	17,5	95	—	—	—	—
0,05......	17,0	110	17,5	100	17,5	150
0,10......	15,5	140	17,5	130	17,5	170
0,15......	12,5	125	17,5	110	17,5	180
0,25......	9,5	210	17,5	170	17,5	260
0,35......	8,0	210	17,5	150	17,5	260

Dans les Tableaux III (*a*), III (*b*), VI et VII, il est à remarquer que les distances d'accouplement sont plus petites, de même que les valeurs de *k* sont plus grandes dans le cas de la double résonance, tandis que les distances sont partout constantes pour la réception à onde unique.

CONCLUSIONS. — Les expériences préliminaires ont prouvé qu'un récepteur à accouplement rigide peut recevoir simultanément les deux ondes d'un système trans-

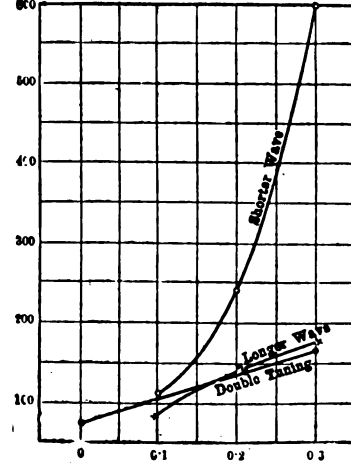


Fig. 7. — Station d'Otchishi.

metteur à accouplement rigide, ayant les deux longueurs d'ondes et le coefficient d'accouplement communs avec le récepteur. Quant aux expériences pratiques, les résultats ont été quelque peu irréguliers, et cette irrégularité est probablement due à des causes échappant au contrôle,

telles que les conditions atmosphériques, les variations dans l'étincelle du transmetteur, variations dans le détecteur, réglage du récepteur, etc. Nous avons pris les plus faibles valeurs de la résistance shuntant le téléphone, dans chaque cas, et pour plusieurs expériences, nous avons obtenu plusieurs courbes, telle que celles des figures 7, 8, 9 et 10 ayant pour ordonnées les plus faibles résistances et les coefficients d'accouplement comme abscisses.

L'examen de ces courses révélera les faits suivants :

1. Lorsque deux ondes sont émises par un transmetteur accouplé, la réception d'une seule onde est également efficace, sinon meilleure que la réception à double résonance. Cette dernière est, en somme, très marquée, quand le coefficient d'accouplement du transmetteur est élevé.

Dans toutes ces expériences, le transmetteur a toujours émis la plus longue des ondes avec plus de force que la plus petite, d'après les indications d'un ondemètre modèle Dönitz; par suite, la réception de l'onde longue fut toujours meilleure que celle de l'onde courte.

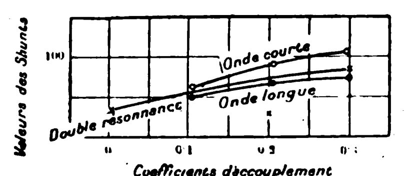


Fig. 8. — Station de Shiomisaki.

Si l'on montait un transmetteur de façon qu'il émette l'onde courte avec plus d'intensité, on obtiendrait probablement un résultat inverse. Nous ne voulons pas dire que les ondes longues sont toujours plus fortes que les courtes, mais nous pouvons, par déduction, dire que la double résonance n'ajoute absolument rien à la réception sur onde unique.

2. Dans la double réception, aussi bien que dans la réception d'une seule onde, un accouplement lâche du transmetteur est préférable à un accouplement serré quoiqu'il y ait quelques exceptions dans nos expériences.

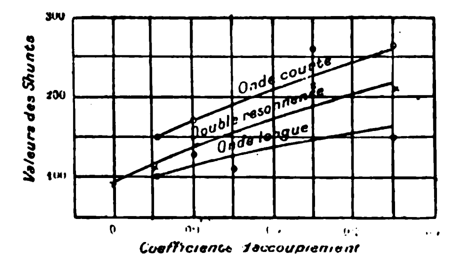


Fig. 9. — Station de Choshi.

De plus, il est très incommode en pratique que la réception des deux ondes ne puisse s'effectuer qu'à condition de connaître les longueurs d'ondes propres des deux circuits du transmetteur. Par conséquent, un tel système est impraticable pour un poste mobile ou pour une station qui doit communiquer avec d'autres postes mobiles.

La seule application possible est, pour les stations communiquant seulement avec des stations déterminées. La réception d'une seule onde avec un Tesla à accouplement lâche s'applique au contraire facilement aux stations inconnues, et a, de plus, le mérite de diminuer les interférences, puisqu'on n'utilise qu'une onde seulement.

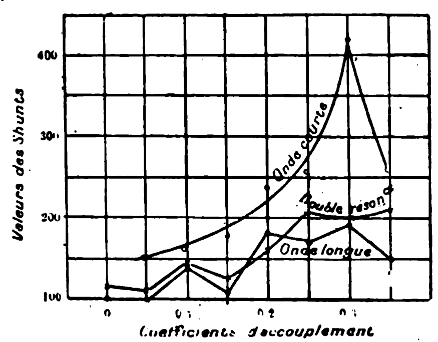


Fig. 10. — Courbes moyennes pour les trois stations.

L'intensité des signaux perçus à Otchishi et Shiomisaki présentait une différence marquée de jour et de nuit, mais ceux reçus à Choshi étaient presque indifférents sous ce rapport. Les expériences faites aux deux premières stations eurent lieu toutes de nuit, et celles exécutées à la dernière ne le furent que pendant le jour seulement. Il convient donc de se rappeler que les résultats qui précèdent ne peuvent pas rigoureusement s'appliquer aux expériences faites pendant le jour entre stations éloignées.

Nous avons réussi à utiliser les deux ondes simultanément, mais nous sommes arrivés à cette conclusion qu'on pouvait améliorer la pratique actuelle en recevant des ondes uniques émises par un transmetteur possédant un transformateur Tesla à accouplement lâche, à l'aide d'un récepteur muni d'un Tesla accouplé de la même façon.

Ces recherches furent effectuées uniquement sur des systèmes accordés ayant même longueur d'onde pour le circuit de l'antenne et pour le circuit oscillant fermé; les systèmes désaccordés présentant des longueurs d'ondes différentes pour les deux circuits n'ont pas été essayés.

R. B.

Poste récepteur des signaux horaires du Lycée de Marseille.

Si rudimentaires qu'ils soient, les dispositifs utilisés pour la réception des signaux horaires donnent généralement de bons résultats tant que la distance du poste à la tour Eiffel n'est pas trop considérable. S'il s'agit de distances de l'ordre de 800 km, le montage du poste exige quelques soins pour l'obtention d'une perception nette. Aussi croyons-nous intéresser ceux de nos lecteurs désirant recevoir les signaux horaires en décrivant le poste installé au Lycée de Marseille par M. Devaud, professeur de Physique.

L'antenne est constituée par quatre fils de cuivre de près de 2 mm de diamètre, longs chacun de 60 m environ, tendus entre une lucarne de grenier situé au-dessus du cabinet de Physique et quatre fenêtres de mansardes situées en face, sur une autre aile de bâtiment. La direction générale est vers le Nord-Est. Les extrémités des fils sont fixées à des anneaux de porcelaine attachés à de forts pitons par des cordes paraffinées de 1 m de long. L'antenne se continue jusqu'au lieu de réception par

un fil de cuivre qui lui est soudé. Ce fil est du fil de $\frac{9}{10}$ mm de diamètre, isolé à 300 mégohms pour lumière et qui est soutenu par des anneaux de porcelaine eux-mêmes attachés à des cordes paraffinées; il traverse le plafond dans un tube de verre (ce grand luxe d'isolement paraît d'ailleurs superflu). La prise de terre est constituée par deux fils de cuivre nu soudés à la canalisation d'eau et à la canalisation de gaz.

L'appareil d'accord comprend une self-induction A et un résonateur Oudin BC (*fig.* 1). La self-induction

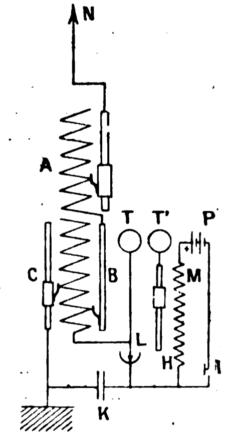


Fig. 1.

d'antenne est formée de 200 spires en fil de 1 mm de diamètre, pourvu de deux guipages en coton, enroulé sur un cylindre de bois recouvert de toile d'amiante et ayant 12 cm de diamètre; elle est pourvue d'un curseur. (Cette partie de l'appareil a peu d'utilité dans l'installation, car on n'en utilise que 7 ou 8 spires.) Le résonateur Oudin BC comprend 250 spires du même fil enroulé sur un cylindre de 9 cm de diamètre; il est pourvu de deux curseurs. On le construit en enroulant le fil isolé en spires serrées sur un morceau de bois tourné; il n'est pas nécessaire que ce bois soit paraffiné, mais on a soin de bien vernir l'enroulement à la gomme laque. Après dessiccation complète, on donne deux coups de canif le long de deux génératrices distantes de 1 cm. Il faut ensuite dénuder le fil au canif entre ces deux génératrices. Il est inutile d'essayer ce travail avec du papier de verre : on userait le cuivre sans enlever suffisamment le coton. En appuyant la lame de canif contre un fil, on coupe le coton contre le fil voisin; c'est long, mais point difficile. Les glissières à curseur se font aisément avec du tube carré de laiton qu'on trouve chez les fabricants d'étalages et chez quelques quincailliers.

L'appareil détecteur L est formé de quatre détecteurs électrolytiques et d'un détecteur à galène interchangeables par le jeu d'une petite manette; quand on utilise la galène, on a soin de couper en I le circuit des accumulateurs P.

L'installation est complétée par deux téléphones T et T' de 4000 ohms, deux accumulateurs P débitant sur une résistance HM de 100 ohms et un condensateur K de 0,04 microfarad. Ce condensateur est formé de quatre feuilles de papier d'étain de 10 cm × 12 cm reliées à une même borne et alternant avec quatre autres feuilles reliées à une seconde borne, deux feuilles voisines étant séparées par deux feuilles de papier mince non collé mais paraffiné.

Sur la résistance MH on prend la différence de potentiel nécessaire au fonctionnement du détecteur électrolytique. Cette tension est réglée de manière à n'entendre dans le téléphone qu'un crissement très faible; on a soin en outre que la pointe fine du détecteur soit au potentiel le plus élevé.

Les détecteurs électrolytiques contiennent trois électrodes. L'une A (*fig.* 2) est formée d'un fil de platine

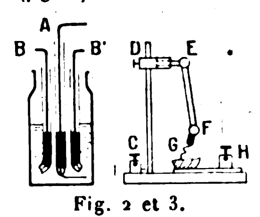


Fig. 2 et 3.

de 0,4 à 0,5 mm de diamètre dépassant de 1 cm le tube qui le soutient. Les deux autres B, B' sont faites avec un fil de 0,02 ou 0,03 mm de diamètre usé à l'émeri fin au ras du verre et qui doit être repassé à l'émeri de temps en temps.

Le détecteur à cristaux (*fig.* 3) comprend une tige métallique articulée EF (débris de compas), munie à son extrémité inférieure F d'un morceau de fil de cuivre de 0,2 mm de diamètre, soudé puis entortillé, avec lequel on appuie légèrement sur les cristaux. Ceux-ci sont enchâssés dans un peu d'alliage Darcet ou serrés dans une pince métallique. Pour faire un détecteur de ce genre on casse des morceaux de galène où les cristaux sont petits mais bien privés de gangue. On prend à la pince divers morceaux qu'on place dans le support-pince du détecteur ou dans l'alliage Darcet fondu.

L'installation est complétée par un poste d'essai qui se réduit à une minuscule bobine de Ruhmkorff de 1 ou 2 mm d'étincelle ou à une sonnerie disposée dans une salle voisine. L'un des pôles de cet appareil est relié au sol; grâce à une canalisation on l'actionne de la salle des détecteurs, ce qui permet d'éprouver leur sensibilité.

Sur le moyen de remédier à l'affaiblissement des signaux radiotélégraphiques sur les vaisseaux de guerre. — Quand les appareils de réception des bâtiments de guerre sont installés dans des cabines entourées de fer, on constate un affaiblissement considérable dans les signaux hertziens. Fessenders attribue cet inconvénient aux courants de Foucault qui prennent naissance dans les masses de fer et d'acier qui sont traversées par le fil qui amène le courant de l'antenne aux appareils; on peut y remédier en enfermant le fil dans un tube fendu ou continu, de préférence en cuivre ou bronze de silicium, sur toutes ses portions qui traversent ou courent parallèlement à une masse d'acier. Avec ce dispositif on supprime pratiquement toute atténuation, et le réglage à la résonance peut se faire avec toute la précision désirable.

APPLICATIONS THERMIQUES.

CHAUFFAGE.

Régulateur automatique de température, fonctionnant pour une différence de $\pm \frac{1}{10}$ de degré C.

Ayant eu l'occasion d'employer un appareil à gaz d'essence dont le fonctionnement était défectueux à basse température, j'ai imaginé un régulateur de température donnant d'excellents résultats. J'ai eu depuis à installer un appareil identique dans une étuve pour le réglage des chronomètres d'observatoire, et cet appareil a pu être réglé pour fonctionner à $\pm \frac{1}{10}$ de degré C. de la température désirée. Pensant que les applications de cet appareil sont très nombreuses, pour les couveuses, étuves, etc., et comme le dispositif peut être appliqué à tout système de chauffage réglable (électricité, gaz, essence, charbon, etc.), il me semble que ce dispositif est susceptible d'intéresser les lecteurs de cette *Revue*.

L'appareil, très simple, est constitué par un tube de verre en U, monté sur un système de balance (*fig.* 1), et

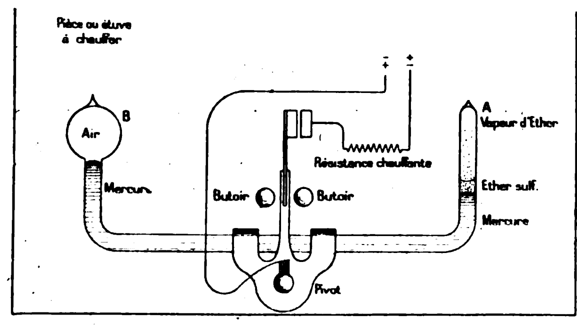


Fig. 1.

dans lequel on introduit du mercure. En A on met un liquide volatil dont la force élastique de vapeur varie dans de grandes proportions en fonction d'une faible variation de température. La force élastique de cette vapeur est équilibrée, pour la température désirée, par la pression de l'air contenu dans l'extrémité B du tube en U. En ce moment, la longue branche du tube est horizontale. Si la température augmente, le mercure est repoussé à gauche par l'augmentation de la force élastique de la vapeur, et le système bascule sur la gauche avec une force assez grande pour fermer le chauffage. La température venant à baisser, la force élastique de la vapeur baissera rapidement, le mercure sera repoussé vers la droite, et le système basculera en établissant à nouveau le chauffage.

La figure donnée représente un chauffage par électricité, mais on comprendra que le pivot peut actionner aussi aisément un robinet à gaz ou un relais actionnant le papillon d'un système de chauffage à vapeur, eau chaude, air chaud, etc.

Notre appareil, appliqué à la régulation de la température dans un appartement chauffé par radiateurs, nous a donné des résultats excellents.

Roland Baridon,
Ingénieur-électricien.

Fers à repasser électriques pour le voyage.

Diverses maisons allemandes ont mis en vente de petits fers à repasser qui peuvent fonctionner à 110 ou 220 volts par simple déplacement d'une des deux fiches de prises de courant. La fiche non utilisée est recouverte par un protecteur.

Ces fers, dont un modèle est représenté par la figure 1, sont destinés à servir en voyage où l'on est exposé à descendre dans des hôtels alimentés tantôt à 110 volts, tantôt à 220 volts. L'appareil est peu encombrant et remplace avantageusement le fer à alcool.

En France, on a établi des appareils de ce genre, mais avec trois prises de courant, de façon à mettre les deux circuits de chauffage soit en série sur 220 volts, soit en parallèle sur 110 volts.

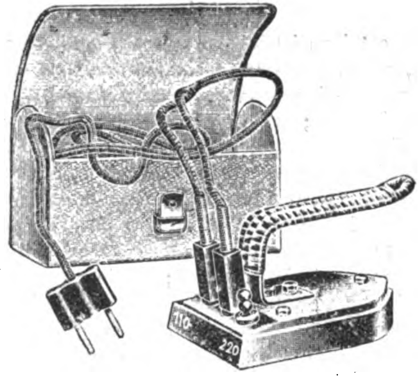


Fig. 1.

C'est plus simple comme construction puisque la résistance se compose de deux parties identiques qui travaillent également, mais la troisième prise inutilisée est gênante lorsque la distribution est à 220 volts. On peut la placer sur la fiche libre en interposant un protecteur isolant.

Ces derniers fers sont aussi construits en aluminium, ce qui les rend très maniables et faciles à transporter.

Pour ceux qui ont été en contact direct avec la clientèle, les avantages précédents paraissent atténués. Car le client ne sait pas souvent ce que veut dire 110 ou 220 volts, et quand il le sait, le garçon de l'hôtel où il descend est rarement en mesure de répondre à ses questions.

Il lui reste alors à se renseigner par l'examen des lampes à incandescence, ce qui n'est pas à la portée de tous, ou à employer un petit voltmètre, également de voyage.

G. G.

MESURES ET ESSAIS.

MESURES ÉLECTRIQUES.

La mesure de la self-induction et de la capacité des antennes (1).

On emploie presque exclusivement pour ces mesures deux méthodes que, par abréviation, on appelle méthode du raccourcissement par une capacité et méthode de l'allongement par une self-induction. Les valeurs qu'elles fournissent pour C et $\mathfrak{L}$ d'un même aérien diffèrent tellement entre elles que l'auteur s'est proposé de les vérifier, en comparant encore les résultats obtenus avec ceux de la méthode de C. Fischer qui détermine la capacité et la self-induction d'une antenne par des mesures d'amortissement.

Méthodes I et II. — Soient C_A et $\mathfrak{L}_A$ la capacité et la self-induction de l'antenne, le système oscillant correspondant a pour longueur d'onde

$$\lambda = 2\pi\sqrt{C_A \mathfrak{L}_A}.$$

Si l'on ajoute à l'ensemble une capacité C en série avec C_A, la nouvelle longueur d'onde est

$$\lambda' = 2\pi\sqrt{\frac{CC_A}{C + C_A}\mathfrak{L}_A}.$$

De ces deux égalités, on tire

$$C_A = C\left(\frac{\lambda^2}{\lambda'^2} - 1\right) \qquad \text{et} \qquad \mathfrak{L}_A = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 C_A}.$$

L'insertion d'une bobine ayant un coefficient de self-induction $\mathfrak{L}$ donne de même

$$\lambda' = 2\pi\sqrt{C_A(\mathfrak{L} + \mathfrak{L}_A)},$$

$$C_A = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 \mathfrak{L}_A} \qquad \text{et} \qquad \mathfrak{L}_A = \mathfrak{L}\frac{1}{\frac{\lambda''^2}{\lambda^2} - 1}.$$

Méthode III. — L'amortissement d'une antenne de résistance R comprenant aussi bien la résistance ohmique que la résistance due au rayonnement est donnée par la formule

$$\delta = \pi R\sqrt{\frac{C_{Ae}}{\mathfrak{L}_A}},$$

la capacité étant exprimée en unités électromagnétiques. Une résistance connue r ajoutée à l'aérien introduit un nouvel amortissement

$$\delta' = \pi(R + r)\sqrt{\frac{C_{Ae}}{\mathfrak{L}_A}};$$

d'où l'on tire

$$R = r\frac{\delta}{\delta' - \delta}.$$

Combinons aux formules δ et δ' la suivante

$$\lambda = 2\pi\sqrt{C_A \mathfrak{L}_A},$$

nous aurons

$$C_A = \frac{15}{\pi^2}\frac{\lambda}{r}(\delta' - \delta) \qquad \text{et} \qquad \mathfrak{L}_A = \frac{1}{60}\lambda r\frac{1}{\delta' - \delta},$$

C_A étant exprimée en centimètres et R en ohms. Pour ses expériences, l'auteur employait un circuit primaire, un circuit secondaire formé par l'antenne et les inductances et capacités successives et un circuit tertiaire ou circuit de mesure qui comprenait une bobine et un condensateur variable noyé dans l'huile et sur lequel était dérivé un petit condensateur destiné à augmenter la précision des mesures. Tous les condensateurs supplémentaires étaient du type à gaz sous pression avec chacun une capacité de 1550 cm. On les associait en série ou en parallèle. Les résultats principaux obtenus par l'auteur sont les suivants : La capacité de l'antenne diminue en même temps que la capacité ajoutée ou, autrement dit, tant que le raccourcissement de la longueur d'onde de l'antenne ne descend pas au-dessous de 10 pour 100, les valeurs obtenues pour la capacité de l'antenne sont constantes; au-dessous, elle décroît très rapidement; il en est de même pour la deuxième méthode; l'inductance complémentaire ne doit pas produire un allongement de la longueur d'onde supérieur à 10 pour 100, si l'on veut obtenir des valeurs concordantes pour la self-induction. Le condensateur et la bobine auxiliaires doivent être insérés exactement à un nœud de tension de l'antenne; d'ailleurs, les valeurs trouvées pour la capacité par la seconde méthode sont les mêmes que celles que donne la première. Un graphique très intéressant est celui des courbes obtenues en portant les C_A en ordonnées, et, en abscisses, les raccourcissements en pour 100; toutes ces courbes ont un maximum nettement accusé correspondant à l'abscisse 5 pour 100; mais en valeur absolue, ce maximum est d'autant plus grand que la capacité auxiliaire a été plus rapprochée du nœud. L'application de la méthode de Fischer a d'abord exigé la connaissance des amortissements que l'auteur a déterminés par le procédé classique de Bjerknes, d'abord sans résistance, puis avec la résistance r. Or, quand r croît, la capacité C_A décroît et, au contraire, la résistance R de l'antenne croît; il faut toujours se tenir dans les limites $r < 0, 2R$; on doit déterminer l'amortissement avec une précision d'au moins 1 pour 100; enfin, cette troisième méthode devient impraticable dans une atmosphère troublée qui influe sur l'amortissement; elle est inférieure en précision et rapidité aux deux précédentes. Le seul avantage qu'elle puisse revendiquer, c'est de donner, en même temps que la capacité et la self-induction, la résistance effective de l'antenne.

(1) A. Esaü, *Physikalische Zeitschrift*, t. XIII, 15 juillet 1912, p. 658-666.

Nouvelle méthode pour déterminer les pertes à vide d'une machine [1].

D'une manière générale, on emploie actuellement pour déterminer les pertes dans le fer, par frottement dans les paliers et celles dues à la résistance de l'air la méthode dite des pertes séparées. On lance la machine à étudier à son nombre de tours normal et l'on supprime la machine motrice. A partir de ce moment, le mouvement de la machine électrique n'est plus dû qu'à l'énergie emmagasinée dans la partie tournante. Par suite du couple de freinage dû aux pertes, le nombre de tours diminue progressivement.

Le moment du couple de freinage est à chaque instant directement proportionnel au ralentissement et l'on peut connaître le couple dû aux pertes en déterminant ce dernier; il est possible alors de connaître pour chaque nombre de tours la puissance absorbée correspondante.

Il n'est pas possible, toutefois, avec cette méthode, d'obtenir le ralentissement par une mesure directe; il faut employer un petit artifice et opérer de la façon suivante. On établit la courbe des nombres de tours en fonction du temps et l'on détermine le ralentissement en établissant la chute de vitesse par unité de temps.

La nouvelle méthode décrite ci-dessous permet, au contraire, d'obtenir le couple des pertes à chaque instant au moyen d'un ampèremètre et de lire directement le nombre de tours sur un voltmètre de telle sorte qu'il est possible d'obtenir directement le couple des pertes en fonction du nombre de tours. Avant d'exposer cette méthode nouvelle, nous allons examiner d'un peu plus près l'ancienne méthode « des pertes séparées ».

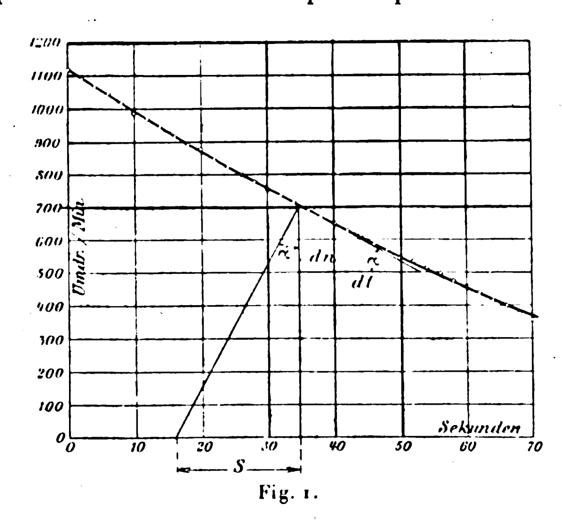


Fig. 1.

Si nous désignons par :

t, le temps en secondes;

n, le nombre de tours par minute,

ω, la vitesse angulaire en radians par seconde $\left(\frac{\pi n}{30}\right)$;

θ, le moment d'inertie de la partie tournante en gramme-centimètre : sec² (le gramme envisagé ici étant le gramme-poids et non le gramme-masse);

M_d, la somme des couples agissant sur la partie tournante (les couples agissant positivement ont le même sens que le sens de rotation, les couples de freinage étant considérés comme négatifs);

W', la puissance accélératrice en gramme-centimètre par seconde;

W, la puissance accélératrice en watts $9{,}81 \times 10^{-5}\,W'$ (la puissance donnée au rotor est positive; celle correspondant aux pertes dans le moteur et aux pertes mécaniques, négative;

S, la longueur de la sous-normale à la courbe des vitesses en fonction du temps.

Nous avons entre ces quantités les relations suivantes :

(1) $$M_d = \theta \frac{d\omega}{dt} \text{ g-cm},$$

(2) $$W' = M_d \omega = \theta\omega \frac{d\omega}{dt} \text{ g-cm : s},$$

(3) $$W = 9{,}81 \times 10^{-5} \times \theta\omega \frac{d\omega}{dt} \text{ watt}.$$

En introduisant le nombre de tours

(4) $$M_d = \frac{\pi}{30}\,\theta \frac{dn}{dt} \text{ g-cm},$$

(5) $$W = \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 \times 9{,}81 \times 10^{-5} \times \theta n \frac{dn}{dt} \text{ watt};$$

en effectuant les calculs

(6) $$M_d = 0{,}1047 \times \theta \frac{dn}{dt} \text{ g-cm},$$

(7) $$W = 1{,}076 \times 10^{-6} \times \theta n \frac{dn}{dt} \text{ watt}.$$

Dans cette équation $\frac{dn}{dt}$ est le nombre de tours par seconde, alors que la courbe a été déterminée en établissant le nombre de tours par minute.

La figure 1 représente la courbe de variation de vitesse d'un moteur asynchrone triphasé non excité. On voit sur la figure que la sous-normale a pour valeur

(8) $$S = n \,\mathrm{tang}\, d = \frac{n\,dn}{dt}.$$

La puissance accélératrice est alors

(9) $$W = 1{,}076 \times 10^{-6} \times \theta S \text{ watt}.$$

Cette quantité est négative parce que la sous-normale est négative. Il est donc possible de déterminer le couple et la puissance quand on connaît le moment d'inertie de la partie tournante par mesure directe ou par calcul.

Cette méthode est également applicable quand il s'agit de déterminer les couples de démarrage des moteurs en construisant la courbe relative aux nombres de tours en fonction du temps.

Cette méthode a principalement le désavantage de ne pas permettre de déterminer si l'accélération varie

(1) A. YTTERBERG, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIII, 7 novembre 1912, p. 1158.

d'une façon irrégulière avec le temps; elle est, de plus, délicate à appliquer et demande beaucoup de dextérité.

La nouvelle méthode préconisée fait disparaître cet inconvénient et permet de déterminer les couples et les plus petites variations. Cette méthode est basée sur le principe suivant :

Nous savons que la force électromotrice d'une génératrice à courant continu à excitation constante est directement proportionnelle au nombre de tours :

$$e = Kn, \tag{10}$$

K étant une constante qui dépend de l'excitation de la machine.

Si donc nous accouplons directement la machine à étudier avec une petite dynamo à courant continu d'une puissance de $\frac{1}{20}$ de kilowatt environ et excitée indépendamment, nous pouvons lire les nombres de tours sur un voltmètre branché aux bornes de la machine. Nous savons, d'autre part, que le courant de charge d'un condensateur de capacité C farads est égal au produit de cette capacité par la variation de tension aux bornes par unité de temps

$$i = C\frac{de}{dt}, \tag{11}$$

$$i = K \times C \times \frac{dn}{dt}, \tag{12}$$

et comme, d'autre part, on a

$$\frac{dn}{dt} = \frac{M_d}{\theta} \times \frac{30}{\pi},$$

il vient

$$i = K \times C\frac{M_d}{\theta} \times \frac{30}{\pi}, \tag{13}$$

d'où

$$M_d = \frac{\theta}{K \times C} \times \frac{\pi}{30} \times i \text{ g-cm.} \tag{14}$$

Si donc, comme dans le montage de la figure 2, nous plaçons, aux bornes de la petite dynamo ci-dessus, un ampèremètre sensible en série avec un condensateur et un voltmètre, nous pouvons solutionner le problème posé.

Il faut tout d'abord déterminer la constante K; pour cela, on fait tourner par un moyen quelconque, la petite dynamo à une vitesse déterminée; on mesure le nombre de tours et la tension de la dynamo pour une excitation donnée. Puis on effectue l'essai dans le cas du ralentissement ou de l'accélération comme ci-dessus. La charge du condensateur varie à chaque instant et l'ampèremètre est parcouru par un courant proportionnel au couple. Le voltmètre indique, à chaque instant, le nombre de tours de la machine. En lisant les deux instruments. à des intervalles de temps convenables, on peut, à l'aide des équations (10) et (14) construire directement la courbe des couples en fonction des vitesses. Les résultats de la méthode dépendent principalement de la sensibilité de l'ampèremètre, de la durée de l'essai, de la grandeur du condensateur et la durée d'oscillation propre des instruments, c'est-à-dire de la rapidité avec laquelle les variations des indications de ceux-ci suivent les variations d'intensité et de tension. Il faut que l'ampèremètre utilisé ait une période d'oscillation propre aussi petite que possible, avec sensibilité aussi grande que possible, qu'il soit apériodique et muni d'une échelle suffisamment grande. Il est avantageux également qu'il donne des lectures directes.

De plus, l'ampèremètre et le voltmètre doivent être lus tous deux au même moment. Si l'on veut obtenir une

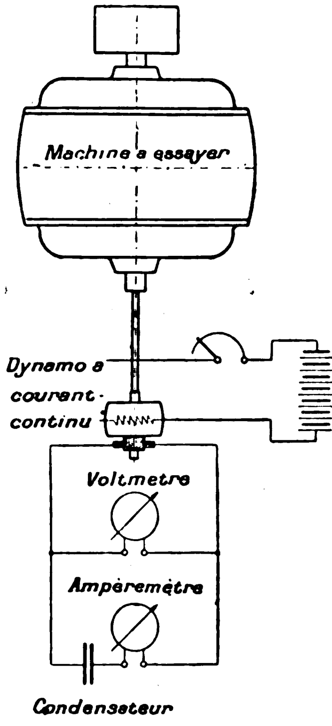


Fig. 2.

grande précision, on peut employer un cinématographe pour prendre à chaque instant la position des aiguilles des deux instruments; il est possible ainsi d'obtenir 20 ou 30 lectures par seconde et de déterminer la courbe des moments d'une façon extraordinairement exacte. Si l'essai doit s'effectuer très rapidement, on peut employer un oscillographe. Cet appareil a l'avantage de suivre instantanément toutes les plus petites variations de la courbe de courant. L'oscillographe est utilisable principalement pour les essais qui durent moins qu'un quart de minute, si l'on ne veut pas employer de trop grands condensateurs. Remarquons en passant que, si nous envoyons le courant de charge du condensateur dans la bobine fil fin d'un wattmètre et que nous branchions, d'autre part, la bobine gros fil aux bornes de la dynamo, avec une résistance en série suffisante, la bobine de tension se trouve traversée par un courant proportionnel au couple, la bobine gros fil par un courant proportionnel au nombre de tours; l'indication du wattmètre donne à chaque instant la puissance du couple résultant agissant sur la partie tournante (l'élongation est, en effet, proportionnelle au produit des deux courants ci-dessus désignés).

Mais, comme en général la bobine fil fin d'un watt-

mètre ne peut, au maximum, supporter que 30 milliampères, il serait nécessaire pour appliquer cette méthode d'employer de gros condensateurs.

Remarquons que l'application de cette méthode peut être étendue à tous les cas où il s'agit de déterminer, à l'aide de l'accélération produite, des couples agissant sur un corps donné.

Si le mouvement n'est pas circulaire, il est toujours assez facile de le transformer par des moyens mécaniques de sorte que cette méthode est applicable dans la plupart des cas.

Supposons qu'on veuille, par exemple, déterminer le diagramme des pressions tangentielles d'une machine à gaz ou à vapeur. Il suffit pour cela de coupler directement à l'arbre la petite dynamo et de charger la machine avec un couple résistant constant : l'ampèremètre ou l'oscillographe qui convient très bien dans ce cas étant donné la rapidité du phénomène, indiquera très exactement les variations du couple moteur pendant un tour de l'arbre; les oscillations se décèlent très nettement, et cette méthode offre un grand avantage sur celle des diagrammes d'indicateur parce qu'elle élimine les calculs rectificatifs qu'il faut effectuer pour tenir compte des effets dus aux différents organes de la machine en mouvement.

Cette méthode pourrait également s'appliquer à la détermination des couples s'exerçant sur le rotor d'une machine synchrone et pourrait donner des renseignements utiles sur les oscillations pendulaires de ces machines; elle s'appliquerait également bien à l'étude des trains de laminoirs, des machines d'extraction et des moteurs électriques pour la traction.

L'auteur indique qu'il ne peut donner jusqu'à présent aucun résultat complet de l'application de cette méthode, mais qu'il espère pouvoir le faire sous peu; pourtant il recommande l'expérience simple suivante pour se persuader de la précision des indications.

On accouple la petite dynamo ci-dessus de $\frac{1}{20}$ de kilowatt avec un petit moteur à courant continu de dimensions semblables sous 110 volts, et l'on excite indépendamment la génératrice de façon qu'elle donne une tension de 82 volts. On branche aux bornes de cette génératrice un galvanomètre sensible (sensibilité 1 division $= 10^{-8}$ amp environ) en série avec un condensateur de 1 microfarad. Si l'on freine la génératrice en touchant l'arbre très légèrement avec le doigt, de façon que la tension baisse seulement de $\frac{2}{10}$ de volt, on constate une variation au galvanomètre de plusieurs centimètres. Toutes les variations de vitesse peuvent être facilement appréciées sur le galvanomètre.

Mais, comme ce dernier a une durée d'oscillation propre égale à 7 s et qu'il n'est pas possible d'obtenir des variations lentes de vitesse avec ce petit groupe, les indications du galvanomètre sont un peu retardées. Il n'est pas possible, d'autre part, d'établir dans ce cas une courbe de ralentissement, par exemple, à cause de la rapidité trop grande d'arrêt de ce petit groupe et de la grande sensibilité du galvanomètre.

Pour terminer, nous allons indiquer un moyen pratique d'obtenir le moment d'inertie du rotor d'une machine en partant, du reste, d'un principe connu (*fig.* 3).

On sort l'induit du bâti de la machine et on le suspend au moyen d'élingues ou de rubans d'acier à un couteau triangulaire. On imprime à l'induit un mouvement d'oscillation pendulaire; on détermine, à l'aide d'un chronomètre, le nombre d'oscillations par seconde. Soient :

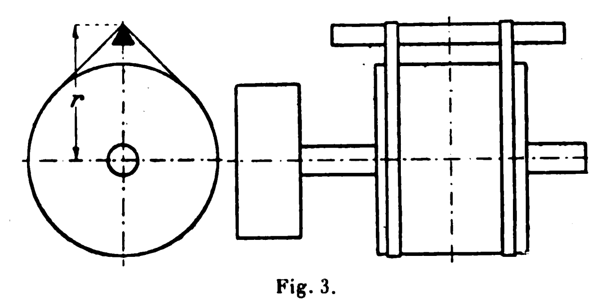


Fig. 3.

t, la durée d'une demi-oscillation (d'une position) extrême à l'autre;

θ_a, le moment d'inertie de l'induit, rapporté à l'axe de suspension en gramme-centimètre : seconde^2;

θ_p, le moment d'inertie polaire de l'induit en gramme-centimètre : seconde^2;

G, le poids de l'induit en grammes,

g, l'accélération due à la pesanteur,

r, la distance de l'axe de suspension à l'axe de l'induit.

On a

$$(15)\qquad t = \pi\sqrt{\frac{\theta_a}{G\,r}}\ \text{s},$$

$$(16)\qquad \theta_a = \frac{G\,r}{\pi^2}t^2\ \text{g-cm : s}^2.$$

On sait, d'autre part, qu'on a

$$\theta_a = \theta_p + \frac{G}{g}r^2, \qquad \theta_p = \frac{G\,r}{\pi^2}t^2 - \frac{G}{g}r^2,$$

ce qui permet de déterminer θ_p.

Il est recommandable dans cette expérience de réduire au minimum la distance entre l'axe de suspension et le centre de gravité de l'induit pour obtenir une plus grande exactitude dans la détermination de θ_p. L. P.

MESURES HYDRAULIQUES.

Jaugeage des cours d'eau par l'analyse chimique.

Dans une communication faite à la séance du 21 octobre de l'Académie des Sciences [1], M. Th. Schlœsing père rappelle que, dès 1863, il a publié un procédé de jaugeage des fluides fondé sur l'analyse chimique, qui peut être résumé dans les termes suivants :

Dans un fluide s'écoulant dans un canal, à raison d'un volume V par seconde, on verse un second fluide à raison d'un volume v par seconde, miscible au premier et contenant, par unité de volume, une quantité T d'un corps chimiquement dosable avec précision : dans le mélange, on dose ce même corps, et l'on en trouve une quantité t par unité de volume. La quantité vT de ce corps versée en

[1] *Comptes rendus*, t. CLV, p. 750-753.

1 seconde dans le courant du fluide, se retrouve entière dans le mélange formé, et l'on a

$$vT = (V + v)t,$$

d'où

$$V = v\left(\frac{T}{t} - 1\right).$$

On voit que la détermination de V dépend de deux autres : celle de v, à laquelle on peut donner une extrême précision et celle du rapport $\frac{T}{t}$, non moins précis si le corps auxiliaire a été bien choisi.

M. Schlœsing ajoute : « Je ne sais si cette méthode a reçu quelque part une application industrielle; il est probable qu'elle a été laissée de côté, puis oubliée, faute de renseignements pratiques sur son emploi en divers cas. » Nous croyons pouvoir affirmer à M. Schlœsing que si les ingénieurs hydrauliciens ont peut-être oublié le nom de son auteur, ils emploient parfois cette méthode chimique en utilisant le chlorure de sodium dont le dosage se fait par l'azotate d'argent.

M. Schlœsing décrit ensuite, en détail, une application particulière de cette méthode qu'il a eu récemment l'occasion de réaliser. Il s'agissait de mesurer le débit d'une installation de vis d'Archimède élevant l'eau de mer dans une saline. Comme corps auxiliaire, M. Schlœsing s'est servi de sulfate d'ammonium, dont il fit dissoudre une soixantaine de kilogrammes dans de l'eau de mer; cette dissolution était versée dans le bassin où puisait l'une des vis d'Archimède au moyen d'un récipient formant flacon de Mariotte.

Voici comment l'essai était conduit.

La dissolution de sulfate d'ammonium contenait à peu près 280 g de sel par litre. Elle avait été clarifiée par un long repos avant d'être introduite dans le récipient. Sous le tube par lequel elle devait s'écouler, était disposé un entonnoir adapté à un tuyau de plomb qui l'amenait au milieu de la nappe d'eau jaillissant de la vis élevant l'eau de mer au bassin, où puisait la seconde vis dont on voulait le débit. Il s'opérait ainsi un premier brassage des liquides; un autre brassage se produisait quand le mélange sortait de la seconde vis et s'étalait en bouillonnant sur le fond, de 2^m de large, du canal qui conduisait les eaux à la saline.

On commençait à compter le temps à l'instant précis où le ménisque du liquide ammoniacal passait, dans un tube à niveau, sur un trait de la règle divisée placée derrière ce tube. On attendait 5 minutes, temps plus que suffisant pour qu'un régime ammoniacal constant se soit établi dans le bassin, la seconde vis et une certaine longueur du canal. On procédait ensuite à l'échantillonnage du mélange d'eau de mer et de dissolution ammoniacale. A 20 m de longueur du canal, on puisait de l'eau avec une mesure de 200 cm³ successivement en trois points, de façon à échantillonner trois segments égaux composant la section transversale du canal. Trois flacons recevaient chacun 10 prises faites en un même endroit. On retournait alors au récipient de la solution ammoniacale et l'on arrêtait le compteur à seconde au moment où le ménisque du liquide dans le tube à niveau passait devant une division de la règle. L'expérience était terminée.

Des lectures faites sur l'échelle du tube à niveau il résultait que 104,170 l de solution avaient été versés en 17 minutes 2,5 secondes, soit 1022,5 secondes; donc $v = 0,1019$ l. La quantité T d'ammoniaque contenue dans 1 l de la solution était de 66,28 g. Dans les flacons de prises d'essais, on trouva 0,0763, 0,0761, 0,0750 g, soit en moyenne $t = 0,0758$ g. On avait donc

$$V = 0,1019\left(\frac{66,28}{0,0758} - 1\right) = 89^l.$$

Le dosage de l'ammoniaque contenu dans la solution versée dans l'eau de mer était fait après l'avoir étendue suffisamment, dans une quantité d'eau de mer connue, pour que le titre de cette solution diluée fût voisin de t. Tous les dosages d'ammoniaque étaient ainsi faits dans des conditions presque identiques; les erreurs dues à la méthode ou à l'opérateur sont donc de même ordre et de même sens et ne peuvent guère affecter le rapport $\frac{t}{T}$.

MESURES MÉCANIQUES.

Tachymètre, système Morell [1].

Ce tachymètre est basé sur le principe du régulateur centrifuge, mais au lieu que, comme dans ce dernier (régulateur à boules pour machines à vapeur), les deux boules dans leurs mouvements agissent sur un collier mobile placé au-dessous des points de suspension des

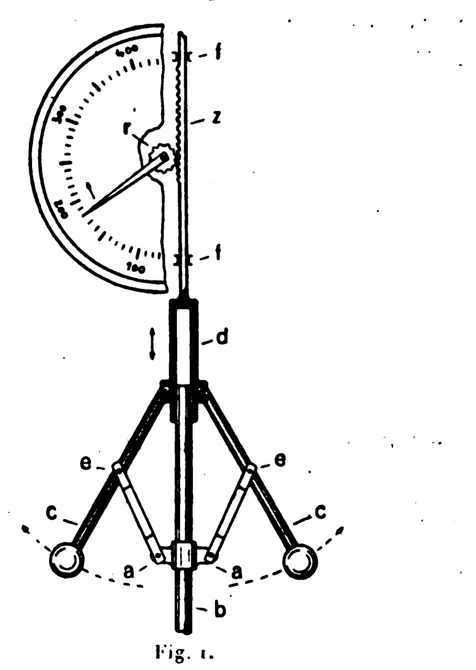


Fig. 1.

boules, dans ce tachymètre ces points se trouvent sur le manchon mobile d (*fig.* 1). A ce manchon mobile est fixée une crémaillière Z guidée, qui suit les mouvements

[1] *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIII, 10 oct. 1912.

du manchon, et, par un système d'engrenages, agit sur l'aiguille du tachymètre qui se déplace sur le cadran de l'appareil. Ce type schématique de pendule tournant n'est pas utilisable directement sous cette forme pour

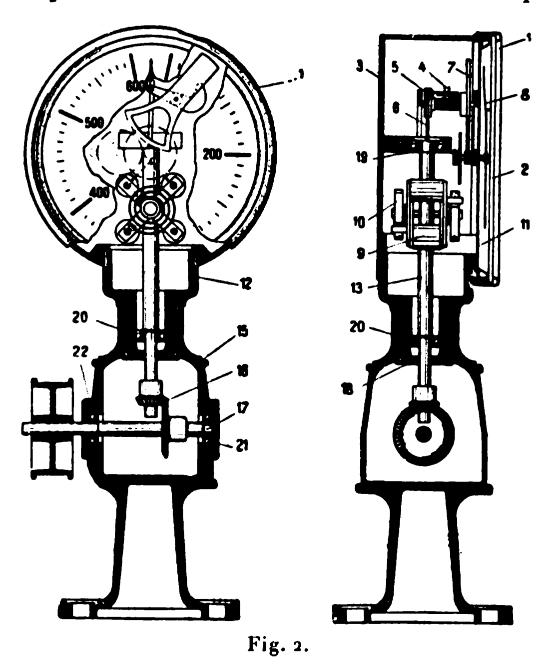


Fig. 2.

les instruments de précision. On emploie principalement pour ces appareils le pendule à quatre boules en croix ou le pendule à disque, qui dérivent tous deux du principe du régulateur à boules. Dans le pendule en croix (*fig.* 2) on a prolongé les deux tiges C de la figure 1 au dessus de leurs points de suspension de façon à former deux nouveaux pendules. Le point de suspension se trouve à l'intersection des deux axes. Autour de ce centre de rotation sont placés deux ressorts en spirale, qui sont fixés respectivement, d'une part, à cet axe et, d'autre part, à l'axe de chacun des pendules, et qui équilibrent à chaque instant la force centrifuge développée par la rotation des boules. Dans le pendule à disque, ce dernier entoure l'axe de rotation, et peut tourner autour d'un axe horizontal perpendiculaire à l'axe principal de rotation; une paire de ressorts en spirale fixés à leurs extrémités, d'une part, sur l'axe secondaire, et d'autre part, sur le disque, oblige ce dernier, lorsque l'appareil est au repos, à occuper une position oblique par rapport au plan horizontal passant par l'axe de rotation principal (*fig.* 3). Dès que le tachymètre est en mouvement, le disque tend à se placer dans le plan vertical passant par son axe de rotation. Au disque est fixé un manchon mobile qui agit par divers intermédiaires sur le déplacement de l'aiguille. Naturellement, ces appareils possèdent un système d'amortissement très efficace pour éviter d'être influencés par les très petites variations de la vitesse à mesurer, et pour les soustraire à l'influence des trépidations et des chocs. Leur construction les met également à l'abri des effets des variations de température et des champs magnétiques.

Les tachymètres Morell fixes peuvent adopter, suivant les besoins, des formes très différentes et recevoir l'échelle désirable. Les tachymètres de poche sont généralement

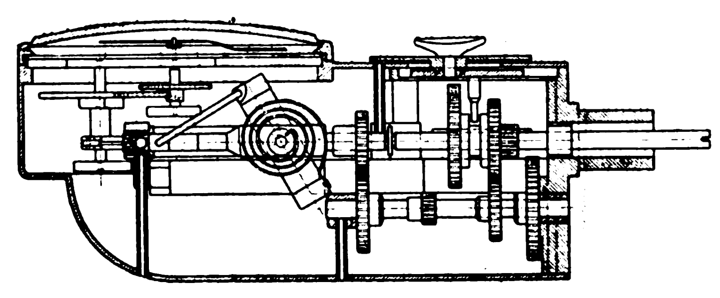


Fig. 2.

munis de quatre échelles, un bouton mobile permet d'utiliser l'échelle désirable dans chaque cas. Enfin, sur le même principe, on construit des tachygraphes du type industriel et du type de précision; les premiers servent à enregistrer la courbe de vitesse d'une machine pendant une longue période de fonctionnement, les seconds à effectuer des recherches sur les coefficients d'irrégularité des machines motrices et sur l'influence des à-coups sur la vitesse de ces dernières.

Dans les tachygraphes industriels, l'enregistrement se fait, soit sur une bande de papier fixée sur un enrouleur, pour des vitesses de déplacement du papier de 1,2 à 5 mm par minute, soit sur un disque circulaire de papier, pour des vitesses de déplacement du disque de 0,25 à 0,5 mm par minute.

Dans les appareils de précision, l'échelle peut être réglée de façon à pouvoir apprécier des variations de ± 3,6, 12 et 24 pour 100 de la vitesse moyenne à mesurer! La vitesse du papier peut être portée à 1, 2, 5, 10, 15 ou 20 mm par seconde. Le principe des régulateurs centrifuges permet tout spécialement une construction particulièrement bonne pour les tachymètres enregistreurs, parce que ce système produit une force suffisante pour assurer un fonctionnement exact et certain de la plume ou du crayon de l'appareil enregistreur.

E. P.



VARIÉTÉS.

POTEAUX.

La protection des poteaux en bois en service (¹).

Les poteaux en bois présentent le grand inconvénient de se détériorer localement sur une hauteur très faible au-dessus et au-dessous du niveau du sol.

Cette détérioration, due à l'influence combinée de l'humidité, des sels et des germes contenus dans le sol, se produit parfois extrêmement vite, malgré les traitements préalables subis par ces poteaux, de telle sorte qu'ils sont hors de service après très peu de temps (parfois un an seulement).

On est ainsi obligé à une surveillance constante et à de fréquents remplacements, entraînant des inconvénients de toute nature et des dépenses dont le prix des poteaux eux-mêmes ne représente qu'une très faible partie.

Le remède radical qui consisterait à n'employer que des poteaux métalliques ou en ciment armé n'est pas applicable partout parce qu'il est très coûteux. En tout cas, il faut prendre les lignes existantes avec poteaux en bois telles qu'elles sont, en cherchant à prolonger leur durée le plus possible et par les moyens les plus économiques.

Les dégradations prématurées étant localisées à une région très peu étendue, le remède qui s'impose est de protéger cette région contre les agents extérieurs.

On a réalisé cette protection de diverses manières.

Le procédé le plus primitif consiste à noyer la base du poteau dans le béton ou de la maçonnerie.

Ce procédé simple entraîne la mise en œuvre d'un cube de matériaux relativement important qu'il faut préparer en place, par suite coûteux; de plus, la protection obtenue est incomplète puisqu'il n'est généralement pas possible de donner au béton au-dessus du sol une hauteur suffisante pour éviter le rejaillissement de l'eau et de la boue contre le poteau.

On a donc cherché d'autres solutions.

L'une d'elle consiste (*fig.* 1) à placer à la base du poteau *p* une sorte de dé en béton aggloméré *a*.

Extérieurement, le poteau paraît ainsi bien protégé, mais en réalité le remède est pire que le mal, à cause de l'intervalle *b* entre le dé et le poteau, intervalle qu'il est pratiquement impossible de garnir de manière à empêcher l'eau de pluie d'y pénétrer.

De plus si le dé est en une seule pièce il ne peut être posé qu'à la mise en place du poteau, et s'il est en plusieurs morceaux, les jeux entre les divers morceaux ne font qu'augmenter les espaces vides et amplifier les inconvénients ci-dessus.

Ce dispositif ne paraît d'ailleurs pas avoir reçu beaucoup d'applications.

(¹) Rapport de M. Paul Lecler présenté à la séance du 14 décembre de la Commission technique du Syndicat des Usines d'Électricité.

On a cherché d'autres solutions parmi lesquelles celle qui consiste à enlever la partie de la base du poteau susceptible de pourrir jusqu'à une hauteur supérieure à celle de la partie qui peut être attaquée, pour la remplacer par une partie imputrescible.

On a beaucoup étudié dans ces dernières années,

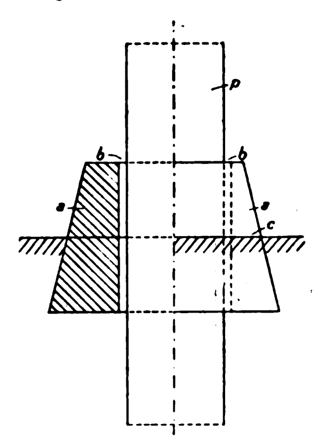


Fig. 1.

notamment à l'étranger, cette solution. Comme le poteau doit résister à sa base à un moment de flexion provenant de l'action du vent sur les conducteurs qu'il supporte, il faut que les éléments ou barres qui le relient à la base présentent une résistance au moins équivalente à la sienne à l'endroit où on l'a coupé.

Un dispositif de ce genre comporte donc toujours une base généralement en ciment armé, surmontée d'organes ou tirants reliant cette base au poteau au moyen de colliers ou tire-fond.

Un tel dispositif sera donc toujours constitué, en principe, quels que soient les détails particuliers (forme de barres, dispositifs d'attaches, etc.), de la manière indiquée par la figure 2.

Le poteau *p* étant coupé en *mn*, on enlève sa partie inférieure et on la remplace par une base *b* munie de tirants ou de haubans *t* faisant saillie sur sa face supérieure et entre lesquels on replace la partie supérieure du poteau *p* qu'on y fixe au moyen de tire-fond ou colliers *v*.

Les tirants *t* doivent présenter, à l'endroit de la section *mn*, une résistance au moins équivalente à celle du poteau intact.

Ils doivent aussi résister à l'effort tranchant (¹).

(¹) On peut d'ailleurs considérer que les tirants doivent constituer les montants d'un pylône de résistance au moins équivalente à celle du poteau.

Leur section doit aussi avoir un moment d'inertie suffisant pour qu'ils ne cèdent pas par flexion localisée, accident qui menacerait, paraît-il, certains pylônes métalliques de construction étrangère.



Comme ces tirants sont appliqués contre le poteau, la distance entre eux est faible, plus faible qu'elle ne serait dans un pylône et par suite il leur faut une section relativement grande, c'est-à-dire un poids notable.

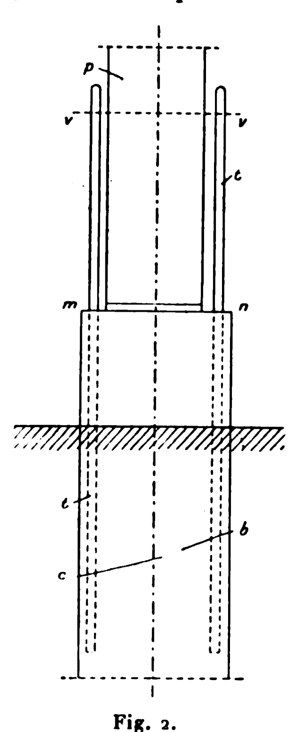


Fig. 2.

Les poteaux n'étant pas toujours exactement ronds, ni de même dimension, tandis que les bases sont forcément préparées d'avance à des dimensions déterminées, il y a lieu de prévoir les moyens de rattraper le jeu qui peut ainsi exister afin d'appliquer les tirants *t* contre les poteaux dans tous les cas. On y est arrivé en disposant les tirants de manière à ce qu'ils puissent se déformer suffisamment (d'une manière élastique ou permanente), ou encore en les interrompant par des éclisses.

De plus, tout l'effort développé dans les tirants est transmis par les tire-fond aux colliers qui les fixent au poteau; il est nécessaire que ces pièces soient de dimensions suffisantes.

Toutes les conditions à remplir (base en ciment armé de dimensions suffisantes pour être solidement fixées au sol en faisant au-dessus une saillie suffisante pour mettre le poteau en bois à l'abri des dégradations prématurées; tirants de forte section, assez longs pour permettre une bonne liaison de la base avec le poteau; sujétion et dépenses de mise en place, particulièrement dépenses de main-d'œuvre; prix élevé d'acquisition de la base rendue à pied-d'œuvre, etc.) conduisent à un prix élevé pour la substitution d'une base en ciment à la base en bois d'un poteau.

Sans qu'il soit besoin de recourir à des calculs forcément hypothétiques, on peut penser que les dépenses d'une telle substitution sont hors de proportion avec la valeur des poteaux à conserver, et qu'il vaudrait mieux, tant qu'à faire, les remplacer entièrement par des poteaux métalliques ou en ciment armé.

On a cherché à résoudre d'une manière plus économique et plus simple le problème de la prolongation de la durée d'un poteau en bois en le protégeant et le renforçant dans sa section la plus fatiguée sans le modifier en rien

Une première solution qui ne s'occupe que du renforcement consiste (*fig.* 3) à fixer sur le poteau une gaine en fonte *a* divisée en deux ou trois pièces par des plans diamétraux et réunies par des boulons de serrage.

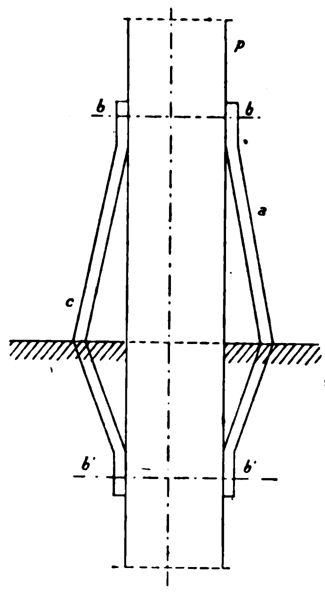


Fig. 3.

Un dispositif de ce genre est simple et semble facile à mettre en place, mais il paraît bien difficile de maintenir longtemps une liaison efficace entre un tel dispositif et le poteau surtout si ce dernier est de forme irrégulière.

De plus, rien n'empêche la dégradation du bois. Enfin ce dispositif est coûteux relativement au prix du poteau à conserver.

C'est en effet qu'ici la question du prix est capitale.

Les poteaux en bois qu'il s'agit de protéger ont une valeur faible, on ne les emploie que parce qu'ils coûtent moins cher que d'autres et c'est un mauvais calcul que de proposer pour prolonger la vie d'un poteau de 20 fr d'en dépenser 40 ou 50.

Pour que des dispositifs de protection de poteaux en bois aient des chances d'être employés, il faut donc qu'ils soient bon marché et en outre facilement applicables par le personnel d'entretien des lignes.

C'est ainsi qu'on est arrivé à l'idée de garantir la section dangereuse (*fig.* 4) d'une gaine en ciment armé faite sur place et comportant une armature *t* de renforcement. On évite ainsi d'avoir à approvisionner des bases faites d'avance.

Mais on ne peut songer à faire une telle gaine par les procédés ordinaires; la confection des armatures serait difficile et nécessiterait des spécialistes d'un recrutement

parfois difficile, la surveillance serait très difficile et le prix de revient élevé, pour n'obtenir que des résultats incertains, car étant données les conditions dans lesquelles se trouve la gaine de ciment (faible épaisseur, exposée aux chocs et aux intempéries), il est indispensable qu'elle soit munie d'une armature bien régulière à mailles serrées.

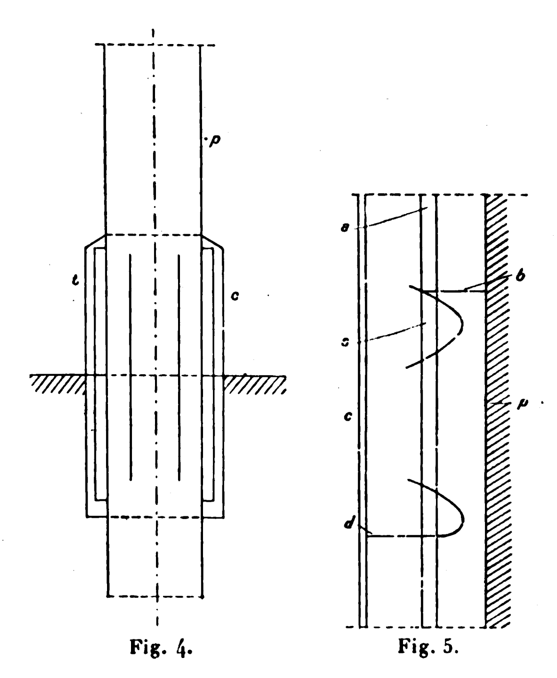


Fig. 4. Fig. 5.

Il est cependant possible de faire rapidement dans de très bonnes conditions les gaines de protection avec le personnel ordinaire d'entretien, c'est-à-dire à bas prix et notamment sans nécessiter aucune interruption de service.

Il suffit pour cela d'employer des armatures telles qu'elles puissent être mises en place par le premier venu, sans possibilité d'erreur et de les disposer de manière à être garnies de ciment par coulée sans que leurs spires se déplacent.

On peut parvenir à ce résultat de la manière suivante :

D'abord en employant comme partie essentielle de l'armature une hélice élastique se mettant en place sans déformation permanente et qui une fois en place détermine la dimension extérieure du renforcement indépendamment des irrégularités du poteau;

Ensuite en combinant aux barres longitudinales de l'armature des dispositifs d'espacements tels que barres à encoches, fils ondulés, etc., maintenant les spires pour les empêcher de glisser sous l'action du poids du ciment.;

Puis en substituant aux ligatures en fil de fer qui ne peuvent être bien faites que par des spécialistes, des attaches faciles à poser par le premier venu.

En outre, pour éviter le déplacement de l'armature pendant la coulée, il est nécessaire que certaines attaches constituent butées, aussi bien intérieurement contre le poteau qu'extérieurement contre le coffrage, de manière que l'on ait la certitude que de chaque côté l'armature sera garnie d'une couche de ciment d'une épaisseur suffisante pour assurer sa conservation.

Ce résultat est obtenu par exemple comme le montre la figure 5 qui représente une coupe d'armature *as* maintenue à distance du poteau *p* et du coffrage *c* par les saillies des attaches *b* et *d*.

L'emploi de ces attaches à saillies de centrage permet d'employer comme coffrages de simples tôles minces qui se placent et se retirent très facilement sans dégrader le ciment.

Enfin l'emploi d'un gâchoir muni de deux becs versant le ciment de chaque côté du poteau permet de faire la coulée sans aucune difficulté.

Il suffit alors, après la prise du ciment, de le lisser à sa partie supérieure qui dépasse le moule; avec des moules convenablement graissés on obtient une surface extérieure parfaitement lisse.

D'essais effectués en gare de Tours comportant la combinaison des divers moyens ci-dessus décrits (essais qui vont être continués), on peut déjà tirer les conclusions suivantes :

1° La pose des armatures est facile et peut s'opérer sans outils;

2° Une fois posées, les armatures sont régulières et les spires régulièrement espacées ;

3° Le coffrage se pose en quelques minutes sans précautions spéciales et est parfaitement centré autour de l'armature comme celle-ci l'est autour du poteau ;

4° La coulée du ciment est facile et rapide grâce au gâcheur à bascule;

5° Après prise, l'enlèvement du coffrage est aussi aisé que la pose. Le ciment est lisse et n'a pas besoin de retouche;

6° A la cassure on retrouve les spires et l'armature aussi régulières qu'elles étaient à la pose et parfaitement enrobées dans une couche de ciment d'épaisseur convenable et uniforme [1].

Dans ces conditions (il s'agissait de poteau de 27 cm de diamètre environ à la base, à garnir sur une hauteur totale de 80 cm), le temps passé est très réduit et le prix de revient faible et proportionné au résultat à obtenir.

Les gaines de protection ainsi constituées sont donc particulièrement intéressantes, d'autant plus qu'elles semblent pouvoir être très facilement à l'occasion modifiées de manière à constituer des renforcements efficaces et peu coûteux pour les poteaux fatigués.

Paul Lecler.
Ingénieur des Arts et Manufactures E. S. E.

[1] Les armatures, les attaches et l'outillage employés pour les gaines de protection des poteaux de la gare de Tours ont été créés par M. Paul Lecler (à Châtellerault) en suivant les idées directrices qu'il a exposées au Congrès international d'Electricité de Turin, dans sa communication intitulée : *Quelques applications électrotechniques du ciment armée*, reproduite dans *La Revue électrique* du 10 novembre 1911.

Ces idées, qui ont pour but d'obtenir une fabrication facile, rapide, économique et irréprochable des pièces en ciment armé, sont d'ailleurs susceptibles de multiples applications aussi bien à la construction proprement dite que pour la fabrication de pièces de tout genre.

LÉGISLATION, JURISPRUDENCE, ETC.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Avis d'ouverture d'examens pour l'obtention du certificat d'aptitude au contrôle des distributions municipales d'énergie électrique.

Aux termes d'un arrêté en date du 7 décembre 1912, des examens auront lieu le mercredi 23 juillet 1913, dans les villes qui seront désignées ultérieurement, pour l'obtention du certificat d'aptitude au contrôle des distributions municipales d'énergie électrique, dans les conditions fixées par l'arrêté du 27 décembre 1907.

Pour être admis à subir les épreuves, les candidats doivent être Français et âgés de plus de vingt et un ans au 1er janvier 1913.

Toutes les demandes d'admission devront être adressées, sur papier timbré, *avant le* 15 *juin* 1913, au Ministre des Travaux publics, par l'intermédiaire du préfet du département où résident les candidats. Elles seront accompagnées :

1° D'une expédition authentique de l'acte de naissance du candidat et, s'il y a lieu, d'un certificat établissant qu'il possède la qualité de Français;

2° D'un certificat de moralité délivré par le maire du lieu de la résidence ou par le commissaire de police et dûment légalisé;

3° D'un extrait du casier judiciaire remontant à moins de six mois de date.

Les candidats appartenant déjà à une administration publique n'auront pas à produire ces pièces, mais leur demande d'admission devra être appuyée par leurs chefs hiérarchiques et contenir les indications suivantes :

Nom et prénoms (souligner le prénom donné habituellement),
Lieu et date de naissance,
Administration publique,
Qualité et grade,
Service, résidence et adresse exacte.

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité consultatif du Syndicat professionnel des Usines d'électricité du 9 décembre 1912.

Présents : MM. Frénoy, président; Fontaine, secrétaire général; Cochegrus, de Clarens, Doucerain, Hussenot, Sirey.

Absent excusé : M. Philippart.

Les espèces suivantes sont communiquées au Comité :

Conseil d'État. — 12 janvier 1912 : Examen des conflits judiciaires ou administratifs auxquels ont donné lieu les colonnes montantes (circulaire n° 199 de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques). — 24 et 31 juillet 1912 : Ville de Lille contre Société des Granits des Vosges. Étude complète de la compétence en matière de travaux publics, de marchés de fournitures et de concession d'un service public (circulaire n° 198 de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques).

Cour de cassation. — Société de transport de force contre Enregistrement. Enregistrement, éclairage électrique, bail, clause nécessaire, marché de fourniture, droit de 1 pour 100. — 5 novembre 1912 : Laforgue, Conseils de prud'hommes, élections, conditions, ouvrier, patron, service temporaire, pas de changement de qualité (*La Loi*, 6 décembre 1912).

Tribunaux civils. — Toulouse, 17 mai 1912 : Mandrette contre Barthélemy. Voisinage, usine à moteur électrique, risque d'incendie, usage du droit de propriété (*La Loi*, 6 décembre 1912). — Seine, 18 octobre 1912 ; Floritta contre Chambre syndicale typographique parisienne. Syndicat professionnel, patron, engagement de n'employer que des ouvriers syndiqués, validité, violation, rappel par le Syndicat, congédiement, pas de responsabilité (*La Loi*, 6 décembre 1912).

Tribunal correctionnel. — Seine, 22 novembre 1912 : Ministère public contre Syndicat des Instituteurs de la Seine. Syndicats professionnels, instituteurs, qualité, citoyens chargés d'un ministère de service public, compétence, Tribunal correctionnel (*La Loi*, 22 novembre 1912).

Louage de services. — Cour de cassation, 6 août 1912 : Louage de services, congédiement, délai de préavis, faute grave de l'employé, renvoi immédiat, pas d'indemnité (*La Loi*, 14 janvier 1912).

Interprétation de cahier des charges. — Un membre du Syndicat indique que son cahier des charges lui accorde la faculté de distribuer l'électricité ailleurs que sur le territoire de la commune, mais à la condition que la commune profitera des tarifs consentis à la commune la plus favorisée. Le consultant demande : 1° si dans cette phrase, il ne s'agit exclusivement que de l'éclairage payé par la ville; 2° s'il peut vendre à un tiers concessionnaire l'énergie comme force motrice que ce dernier revendrait, ensuite, en lumière.

Le Comité consultatif donne l'avis suivant :

1° Il s'agit du tarif payé par la ville, et les particuliers n'ont pas à se réclamer de cette clause. C'est une clause en faveur de la ville et de son éclairage public;

2° Au point de vue général, la question s'est présentée de savoir si, en principe, un concessionnaire avait le droit d'éclairer les communes voisines, toute réserve faite du cas où l'extension de son éclairage nuirait à l'éclairage municipal concédé et du règlement d'intérêts assez complexe qui pourrait présenter quelques difficultés lors de la reprise de l'usine par la commune. Si l'usine est construite pour éclairer plusieurs communes, il est certain que, si la commune la reprend moyennant une indemnité, elle n'aura pas à payer l'importance de l'usine correspondant à la production de plusieurs communes, mais simplement la part correspondant à la production nécessaire pour le service de la commune. Des arrêts du Conseil d'État sont intervenus sur cette question (Rochefort, 6 août 1886, et Orléans, 18 mai 1906). C'est là une question d'espèce.

Dans le cas présent, la question générale ne se pose pas, puisqu'il y a une clause qui permet cet éclairage, mais à une condition telle que son application aboutit, en fait, à l'impossibilité d'éclairer les communes voisines qui demandent un éclairage gratuit pour leurs besoins publics, de sorte que le bénéfice du contrat principal serait perdu.

Le Comité estime que le consultant ne peut pas procéder de la façon qu'il expose pour échapper à ces conséquences : ce serait un moyen trop manifeste de tourner la clause d'interdiction qu'il a acceptée. Il s'agit, en outre, de savoir exactement ce que le consultant a le droit de distribuer. Il a une concession d'éclairage et, d'après son contrat, il ne peut user de la concession municipale que pour la distribution de l'éclairage et non pour la distribution de la force motrice. Le prix visé dans la clause en question est un prix d'éclairage et non un prix de force motrice. A tous ces points de vue, le concessionnaire est donc lié par sa concession.

Monopole d'éclairage électrique. — Un membre adhérent soumet au Comité le cas suivant : Une Société électrique a obtenu de la commune un privilège exclusif pour l'éclairage électrique public et privé. Les eaux thermales et le casino appartiennent à plusieurs communes qui se sont constituées en Syndicat. La Société concessionnaire de l'électricité avait fourni jusqu'ici l'éclairage à l'établissement d'eaux thermales et au casino; mais, récemment, le Syndicat de communes a traité avec un concessionnaire pour l'exploitation des eaux et du casino, avec obligation de construire

une usine électrique pour assurer l'éclairage. Le consultant demande s'il peut exercer un recours contre la commune qui lui a donné le privilège, à raison de sa participation à ce contrat passé par l'exploitant des thermes et du casino.

Le Comité répond que, d'après les renseignements fournis, la commune n'a pas pris un engagement particulier de faire éclairer l'établissement thermal et le casino par le concessionnaire. Elle a concédé l'éclairage municipal et l'éclairage des particuliers au moyen du monopole de canalisation des rues, mais le contrat ne paraît pas spécifier qu'elle devra recourir au concessionnaire pour l'éclairage de l'établissement thermal et du casino.

Toutefois, la question pourrait être plus complexe si, pour éclairer cet établissement et ce casino, le concessionnaire de l'établissement devait emprunter les voies publiques. Si le nouveau concessionnaire demandait une autorisation à la commune pour traverser les voies publiques, la commune serait obligée de refuser à raison du monopole de distribution qu'elle a accordé à la Société, parce qu'en ce cas cette commune ne pourrait pas être assimilée à un particulier s'éclairant par ses propres moyens.

La question est délicate et le Comité ne peut pas donner un avis définitif avant d'être mieux renseigné sur la situation. Il y a donc lieu de faire préciser par le consultant la situation exacte du concessionnaire nouveau de l'établissement thermal au point de vue des moyens qu'il doit employer pour assurer l'éclairage de l'établissement thermal et du casino. Il devra également préciser si, dans son cahier des charges, il y a une clause imposant à la commune l'obligation de recourir à lui pour l'éclairage de l'établissement thermal et du casino.

Usine électrique construite par des hoteliers. — Le même adhérent demande si deux habitants de la même commune exploitant séparément deux hôtels différents dans ladite commune ont le droit de s'associer pour créer une usine et s'éclairer à frais communs, en empruntant les voies publiques.

Le Comité répond qu'il est permis à un particulier d'obtenir une permission de voirie pour l'éclairage de son immeuble dans son intérêt personnel (*voir* Conseil d'État, 25 mai 1900, Lourdes; 6 juillet 1900, Nérac; 20 novembre 1903, Bagnères-de-Bigorre).

C'est l'intérêt individuel qui, jusqu'à présent, a autorisé l'octroi d'une permission de voirie, qu'on a considérée comme ne permettant pas une concurrence de distribution; mais il semble difficile d'admettre que deux personnes aient le droit de s'associer pour construire une usine et éclairer deux hôtels qui sont exploités différemment. La légalité d'une permission délivrée dans un intérêt individuel procède du respect des droits de la propriété. L'intervention de l'élément association semble permettre au concessionnaire de réclamer contre l'octroi de permissions de voirie qui, si leur usage s'étendait à de simples associés, détruirait l'avantage de la concession d'éclairage.

Imposition des industriels utilisant des moteurs électriques. — Un membre du Syndicat demande sur quelle base doit être imposé un industriel qui utilise des moteurs électriques recevant l'énergie d'un secteur. Un de ses abonnés qui avait une chaudière avec machine à vapeur qu'il a supprimée pour utiliser l'énergie électrique s'est trouvé imposé beaucoup plus qu'avec son ancien matériel.

Le Comité répond que la base de la patente dépend des éléments que l'Administration a relevés. L'industriel en question est imposé sur les moteurs électriques et, en outre, sur la force motrice qu'il achète. Cet industriel payant sur tous ses moyens de production, paie sur la force motrice qu'il loue et par la valeur locative de son moteur (17 janvier 1910, 24 juin 1910, 23 décembre 1910).

Frais de controle. — Un adhérent demande si les frais de contrôle sont dus pour les concessions antérieures à la loi de 1906 et s'il existe une jurisprudence à cet égard.

Le Comité répond qu'il n'y a pas à l'heure actuelle de jurisprudence sur le fond de la question, mais que prochainement un jugement sera rendu à ce sujet.

Pose d'un potelet sur un immeuble. — Un membre du Syndicat revient sur une question précédemment examinée et demande s'il peut appeler son abonné en garantie.

Le Comité répond que si l'abonné a envoyé la lettre du propriétaire et si les termes de cette lettre ne sont pas assez nets pour avoir fait croire au concessionnaire à l'autorisation du propriétaire, le concessionnaire aurait dû le faire observer au moment de la réception de la lettre; l'abonné n'a pas engagé sa responsabilité et ne peut être appelé en garantie.

Élagage des arbres. — Une Société adhérente fait observer que, d'après la circulaire envoyée par le Syndicat, le concessionnaire n'aurait le droit d'élaguer que s'il en était requis, alors que la circulaire ministérielle du 1er septembre 1909 fait un devoir à l'entrepreneur de procéder à l'élagage.

Le Comité répond que l'avis du Comité a reproduit les termes de l'arrêté technique du 21 mars 1911, auxquels la circulaire du 1er septembre 1909 ne pouvait pas, en droit, déroger, car une circulaire ne prévaut pas sur un arrêté réglementaire. Cette circulaire indique seulement que par arrêté préfectoral spécial l'entrepreneur peut être chargé d'effectuer lui-même l'élagage au lieu et place du service qui a la gestion de la voie publique, et cela aussi souvent qu'il en aura reconnu la nécessité, mais l'entrepreneur n'agit qu'après une procédure qui équivaut à une autorisation du contrôle, des services de voirie et des particuliers, sauf le cas tout particulier d'urgence. Les termes de l'avis précédemment donné doivent être complétés par cette observation.

Lampes métalliques. — Un membre adhérent communique sa police d'abonnement et demande s'il peut s'opposer à ce que les abonnés de son secteur fassent usage de lampes métalliques.

Le Comité donne l'avis suivant : Le consultant s'étant engagé simplement à fournir du courant à tant l'hectowatt-heure, et au compteur, il ne peut pas arguer d'une clause quelconque de la police qui détermine le mode d'emploi de la fourniture.

En ce qui concerne la clause par laquelle le consultant s'est réservé la fourniture et l'entretien du matériel, cette clause n'est pas d'une légalité suffisamment certaine pour qu'il puisse s'en prévaloir bien utilement. D'autre part, la portée de cette clause n'est pas très décisive, le concessionnaire s'est réservé la fourniture et l'entretien du matériel; mais, d'autre part, si l'abonné a la faculté de dépenser la quantité de courant qu'il achète au moyen de lampes de son choix, le fait que le concessionnaire s'est chargé de fournir le matériel a simplement pour conséquence que les abonnés ne peuvent pas l'acheter en dehors de lui, mais il sera obligé de la fournir au prix moyen des fournisseurs.

Police type d'abonnement. — Suivant le désir exprimé par la Commission des questions d'exploitation administrative et commerciale, le Comité donne la rédaction à ajouter à l'article 5 de la police type d'abonnement adoptée par le Syndicat :

« La vérification prévue au paragraphe précédent sera obligatoire préalablement à l'exercice de toute action en justice relative au fonctionnement du compteur. »

Cahier des charges type. — Le Comité examine la question de savoir si un concessionnaire d'éclairage électrique en vertu du cahier des charges type pourrait se voir opposer une concurrence d'éclairage au gaz au cours de sa concession sous prétexte que le cahier des charges type ne prévoit pas l'établissement d'un autre mode d'éclairage.

Le Comité répond que, si dans l'état actuel de l'industrie de l'éclairage, la ville a fait choix de l'éclairage électrique, c'est le service de l'éclairage lui-même qu'elle a concédé. Cette concession implique que ce seul moyen de satisfaire aux besoins du service pourra être employé par la ville. Si la commune avait voulu se réserver la faculté d'introduire une concurrence au nouveau mode d'éclairage, elle aurait dû le spécifier dans le cahier des charges cette clause aurait constitué une addition au cahier des charges qui aurait dû être soumise au Conseil d'État. Il est toujours possible d'introduire des additions au cahier des charges type, mais à la condition de les soumettre préalablement à l'approbation du Conseil d'État.

Dans l'intervalle des séances, l'avis suivant a été donné :

Prorogation de traités antérieurs a la loi du 15 juin 1906. — Une Société adhérente au Syndicat est liée avec deux communes par des traités antérieurs à la loi du 15 juin 1906 et qui expirent à la même date; elle se trouve en négociation avec ces deux communes en vue d'une prorogation de 15 années, moyennant avantages immédiats à leur profit. Elle demande dans quelle forme pourrait se faire cette prorogation.

L'avis ci-après a été donné :

Aux termes de l'article 26 de la loi du 15 juin 1906, sont maintenues dans leur forme et teneur les concessions ou permissions accordées par des actes antérieurs à la présente loi. D'où il suit que pour échapper à l'application de la nouvelle loi, et notamment aux redevances, les concessions antérieures ne doivent pas être modifiées dans leur forme et teneur.

C'est du moins le principe que pose l'Administration supérieure, et les ingénieurs en chef du contrôle émettent la prétention, du moins en assez grand nombre, d'imposer l'adoption du cahier des charges type dès que la ville concédante et le concessionnaire s'entendent pour modifier le cahier des charges originaire. Cette prétention, semble-t-il, peut être combattue lorsque les modifications constituent par elles-mêmes l'application de certaines clauses du cahier des charges qui les a prévues. On peut citer, dans cet ordre d'idées, les modifications relatives à la mise en pratique des perfectionnements de l'éclairage, lorsque le concessionnaire s'est engagé à faire profiter la ville et les particuliers de ces perfectionnements.

En ce qui concerne la prorogation de la concession, il semble bien que cette prorogation pourrait être accordée, sans adoption du cahier des charges type, si elle est prévue par le cahier des charges originaire.

Accidents du travail. — M. le Secrétaire général donne connaissance des espèces suivantes :

Cours d'appel. — Paris, 18 juin 1912 : Bonnafous contre La Fraternelle. Accident du travail, lieu du travail, tâche non terminée, démarche ne concernant pas l'entreprise (*La Loi*, 11 novembre 1912). — Pau, 22 juin 1912 : G... Repos hebdomadaire, infractions, constatation, inspecteurs du travail, buffets des gares (*La Loi*, 16 novembre 1912). — Lyon, 26 juillet 1912: Drevet contre Mines de la Loire, Accident du travail, ouvrier, entrée à l'hôpital, opération, consentement tacite du patron, guérison retardée, conséquences à la charge du patron (*La Loi*, 30 novembre 1912).

Tribunal civil. — Montbéliard, 22 novembre 1912 : Munck contre Pini. Rente, bénéficiaire disparu, absence de réclamation, obstacle à la demande en revision, suppression (*La Loi*, 22 novembre 1912).

Justice de paix. — 2 mai 1912 : Accident du travail, construction d'un bâtiment, propriétaire, entrepreneur *in rem suam*, risque professionnel inapplicable, Code civil, article 1382, faute du maître de l'ouvrage, preuve (*La Loi*, 22 novembre 1912).

SOCIÉTÉS, BILANS.

Compagnie électrique de la Grosne. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'assemblée générale du 15 novembre 1912, nous extrayons ce qui suit :

Exploitation. — Le nombre de nos abonnés a poursuivi sa progression régulière. Il est passé de 1392 à 1477, en augmentation de 185 sur l'exercice précédent.

Le nombre de lampes installées est passé de 8593 l'an dernier à 9483 cette année.

Compte de profits et pertes.

Dépenses de courant S.-et-L.	51 331,80	
Dépenses de courant P.-de-D.	9 500	60 831,80
A reporter		60 831,80
Report		60 831,80
Frais généraux S.-et-L.	42 893,99	
Frais généraux P.-de-D.	7 855,77	50 749,76
Total des dépenses		111 581,56
Bénéfices bruts		114 450,21
		226 031,77
Frais d'administration		45 273,47
Intérêts sur obligations		27 550,80
Intérêts et divers sur comptes des Banquiers		30 670,46
Intérêts sur somme payée par M. Grivolas en septembre 1905		2 664,55
Intérêts sur obligations rendues par M. Chevrier		1 214,50
Remboursement à divers après expertises		371,72
Mauvaises créances		186,80
Frais judiciaires		108,30
Divers paiements		849,53
		108 890,13
Bénéfices de l'exercice 1911-1912		9 143,50
		118 033,63

Produits.

Recettes d'éclairage S.-et-L.	70 873,95	
Recettes d'éclairage P.-de-D.	28 312,97	99 186,92
Recettes de force motrice S.-et-L.	98 602,50	
Recettes de force motrice P.-de-D.	2 623,80	101 226,30
Location d'appareils S.-et-L.	19 912,55	
Location d'appareils P.-de-D.	2 871,30	22 783,85
Droits de contrôle S.-et-L.	1 634,30	
Droits de contrôle P.-de-D.	640,30	2 274,60
Recettes diverses S.-et-L.	559,30	
Recettes diverses P.-de-D.	0 80	560,10
		226 031,77
Bénéfices bruts		114 450,21
Fermages		1 144,98
Bénéfices sur comptes marchandises		2 098,71
Escomptes des fournisseurs		187,06
Recettes diverses		152,67
		118 033,63
Bénéfice de l'exercice 1911-1912		9 143,50
Pertes de l'exercice 1910-1911		26 531,52
En plus		35 675,02

Bilan de l'exercice 1911-1912.

Actif.

Immobilisations : Valeur des immeubles-lignes primaires et secondaires. Matériel divers concernant ces lignes. Matériel des Usines de Sercy et Champeix, mobilier, etc.			
Secteur de Saône-et-Loire		1 637 099,68	
Secteurs du Puy-de-Dôme		213 956,90	
		1 851 056,58	2 082 817,74
Montant des dépenses de 1er établ.		231 761,16	
Valeurs disponibles et à réaliser :			
1° Disponibles :			
Débiteurs	22 426,19	209 405,99	290 695,76
Encaisse et portefeuille	186 979,80		
2° A réaliser :			
Valeur des marchandises en magasin		81 289,77	
A reporter			2 373 513,50

Report		2 373 513,50

Profits et pertes.

Pertes des exercices antérieurs	56 767,95
	2 430 281,45

Passif.

Capital et réserves :			
Capital social	800 000		839 343,16
Réserve légale	1 510		
Provision pour amortissements et éventualités	28 689,66	37 833,16	
Bénéfices de l'exercice 1911-1912	9 143,50		
Engagements :			
1° Emprunts par obligations	800 000		1 590 938,29
2° Banquiers et créanciers divers	790 938,29		
			2 430 281,45

Est-Lumière (Compagnie d'électricité de l'Est-Parisien). — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'assemblée générale du 28 novembre 1912 :

Les recettes d'exploitation se sont élevées à 4 331 301,76 fr contre 3 664 150,59 fr pour l'exercice 1910-1911, soit une augmentation de 667 151,17 fr.

Le montant des dépenses est de 2 217 473,01 fr contre 1 861 896,75 fr pour l'exercice 1910-1911, soit une augmentation de 355 576,26 fr.

Le bénéfice d'exploitation ressort donc à 2 113 828,75 fr contre 1 802 253,84 fr, soit une augmentation de 311 574,91 fr.

Tableau 1. — *Nombre de polices et puissance en service.*

	Nombre de polices.			Puissance en service.	
Au 30 juin	Éclairage.	Force motrice.	Total.	Eclairage. Nombre de lampes.	Force motrice Nombre de kilowatts.
1903...	3 111	213	3 324	49 000	1 200
1904...	4 297	335	4 652	66 000	2 000
1905...	5 664	446	6 110	81 000	2 700
1906...	7 669	640	8 309	109 000	3 600
1907...	9 564	873	10 436	134 000	5 900
1908...	11 693	1 123	12 817	170 000	7 900
1909...	13 495	1 345	14 840	193 000	9 700
1910...	15 236	1 532	16 768	217 000	11 400
1911...	17 897	1 833	19 730	251 000	13 500
1912...	20 732	2 153	22 885	288 000	16 500

Tableau 2. — *Recettes d'exploitation.*

Exercices.	Recettes.	Augmentation sur l'Exercice précédent.
1902–1903	575 000	240 000
1903–1904	876 000	301 000
1904–1905	1 072 000	196 000
1905–1906	1 445 000	373 000
1906–1907	1 976 000	531 000
1907–1908	2 445 000	469 000
1908–1909	2 808 000	363 000
1909–1910	2 925 000	117 000
1910–1911	3 664 000	739 000
1911–1912	4 331 000	667 000

Bilan au 30 juin 1912.

Actif.

1° Immobilisations :			
Usine centrale		7 336 010,67	18 845 795,39
Réseaux		8 373 739,85	
Feeders		3 136 042,87	
Frais de constitution	31 986,35	1	
Moins amortissement	31 985,35		
Frais de 1er établ.	221 766,51	1	
Moins amortissement	221 765,51		
2° Actif réalisable : *a.* A terme :			
Marchandises générales		421 413,65	499 365,15
Cautionnements aux communes		77 951,50	
b. Disponible :			
Caisse et Banques		1 567 084,63	2 185 294,67
Débiteurs divers		618 210,04	
3° Comptes divers :			
Frais d'émission	1 063 319	1	414 227 »
Moins d'amortiss.	1 063 318		
Parts de Fondateur	300 000	1	
Moins d'amortiss.	299 999		
Primes de remboursement		414 225 »	
Total		21 944 682,21	21 944 682,21

Passif.

1° Engagements sociaux :			
Capital actions	8 000 000 »		8 111 008,73
Réserve légale	111 008,73		
2° Compte d'amortissements	3 033 021,26		3 033 021,26
3° Engagements envers les tiers :			
a. A terme :			
Capital obligations		10 000 000	
A déduire :			
Obligations sorties :			
1° Aux tirages antérieurs	1 410 000	1 715 500	
2° Dans l'exercice	305 500		
		8 284 500	
Dépôts de garantie des abonnés		272 631,95	8 557 131,95
b. Exigibles :			
Créditeurs divers		1 223 477,42	1 635 333,12
Actions, coupons échus restant à payer		13 566,02	
Obligations, coupons échus restant à payer		187 900,68	
Obligations sorties à rembourser		210 389 »	
4° Profits et pertes :			
Bénéfice de l'exercice 1911-1912		608 187,15	608 187,15
Total		21 944 682,21	21 944 682,21

Compte de profits et pertes.

Débit.

Primes de remboursement	15 275 »
Intérêts des obligations	383 163,75
Amortissements	1 140 544,10
Bénéfice net	608 187,15
	2 147 170 »

Crédit.

Bénéfice de l'exploitation	2 113 828,75
Recettes diverses	33 341,25
	2 147 170 »

INFORMATIONS DIVERSES.

Sur la division décimale du jour et du quart de cercle. — M. de Rey-Pailhade, président du Comité pour la propagation des méthodes décimales, à Toulouse, nous adresse le rapport suivant envoyé par ce Comité en réponse à l'enquête ouverte par M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie dans le but de compléter la loi des Poids et Mesures :

Sur l'utilité de reprendre toutes les lois de la Convention Nationale relatives aux Poids et Mesures. Divisions décimales du jour et du quart de cercle.

La loi du 4 juillet 1837 n'a eu d'autre effet que de rendre obligatoires, à partir du 1er janvier 1840, les unités décimales de longueur, de surface, de volume et de poids.

Elle ne s'est occupée ni de la mesure des angles, ni de celle du temps. Cette lacune a eu le fâcheux inconvénient de retarder l'achèvement du système métrique complet, embrassant toutes les grandeurs connues à cette époque.

La Convention Nationale, par son décret du 4 frimaire an II, avait institué la division décimale du quart de cercle et la division décimale du jour.

En 1837, la Science et ses applications industrielles n'avaient pas encore atteint le merveilleux développement de nos jours.

Le temps est devenu actuellement un facteur qui entre dans presque tous les calculs scientifiques, industriels et sportifs; de nombreux appareils de mesure, soit pour l'électricité, soit pour la vitesse, etc., sont réglés d'après le temps.

Le décret du 4 frimaire, quoique n'ayant pas été rendu obligatoire, n'est pas cependant resté sans effet :

1° *Unité angulaire.* — Le service de l'état-major de l'armée française a établi la célèbre carte au 80 000e avec la division du quart de cercle en 100 grades; plus récemment, un arrêté ministériel en date du 17 août 1901 a rendu obligatoire cette unité angulaire pour nos grandes écoles; ce système si avantageux pour les calculs se répand dans plusieurs pays.

2° *Division décimale du jour.* — L'astronomie mondiale, à la suite de l'exemple donné par l'illustre géomètre Laplace, se sert souvent, dans ses calculs, de la division décimale du jour.

Les essais pratiques de la montre décimale exécutés en 1910 et 1911, par le Club Nautique de Nice, en présence de délégués officiels de M. le Ministre de la Guerre, de M. le Ministre de l'Instruction publique et de diverses Sociétés scientifiques, ont démontré que la montre décimale simplifiera tous les calculs d'une manière considérable.

En résumé, pour terminer le système métrique décimal complet, tel qu'il a été décrété par la Convention Nationale, il ne reste qu'à soumettre la mesure du temps au principe si fécond des méthodes décimales.

Il convient d'étudier, dès maintenant, les voies et moyens pour achever le système métrique décimal complet, par l'introduction progressive du temps décimal dans *la science et les applications industrielles.*

Un physicien de grand talent qui a beaucoup étudié la question, le regretté A. Cornu, estimait que cette *réforme scientifique* serait relativement facile.

La revision de la loi du 4 juillet 1837 est une occasion pour rappeler aux savants et aux industriels les unités décimales pour les angles et pour le temps et les avantages qu'elles procurent.

Ces systèmes de mesure étant légaux, le Comité demande que les fabricants de cercles divisés en grades, et d'instruments de mesure de précision gradués d'après le temps décimal soient autorisés à faire contrôler leurs appareils par un bureau officiel.

Il serait utile que, dans les écoles de commerce, on enseigne aux élèves les avantages pratiques des unités décimales pour les angles et le temps; la Chambre de Commerce de Toulouse a, du reste, dans sa séance du 12 avril 1897, émis un vœu favorable à l'adoption de mesures décimales pour les angles et le temps.

La France, pays d'origine du système métrique décimal, doit être la première à travailler à l'achèvement de ce monument scientifique.

Le Rapporteur,

H. DELGAY,

Ingénieur-Électricien.

Une grande cuisine électrique. — Elle a été installée par la municipalité de Marylbone Lane (Londres) pour la préparation de la nourriture et du thé du personnel de son administration qui comprend environ 1000 individus. La fourniture des aliments est confiée à une société particulière à laquelle la municipalité de Marylbone cède l'énergie électrique à raison de 6 centimes le kilowatt-heure pendant l'été et 8 pendant la saison d'hiver. Après une exploitation de 6 mois, la société adjudicataire déclare avoir obtenu des résultats remarquables et qu'il serait impossible d'opérer plus économiquement avec le gaz ou le charbon. La capacité totale de l'installation électrique est de 160 kw. Les divers appareils de chauffage sont : dans la cuisine même, 7 fourneaux électriques qui mesurent $60 \times 65 \times 52{,}5$ cm et consomment au maximum 7 kw chacun, avec deux petits et un grand dressoirs disposés pour utiliser l'air chaud qui se dégage des fourneaux; dans la salle à manger, une table chauffante absorbant 6 kw et subdivisée en six compartiments de $17{,}5 \times 65 \times 37{,}5$ cm où l'on maintient les aliments chauds jusqu'à l'arrivée des employés qui se servent eux-mêmes; dans l'office, il y a encore deux autres dressoirs de $100 \times 57{,}5 \times 57{,}5$ cm absorbant chacun 4 kw et dont le dessus est pourvu de plateaux pour découper la viande cuite et de trois théières de chacune 18 l. L'équipement de la cuisine comprend encore un système de deux bouilleurs électriques dont la vapeur est répartie entre trois marmites dans lesquelles on peut faire cuire de 200 à 300 kg de pommes de terre par heure. Chaque bouilleur fonctionne avec 10 kw; en dessous de ceux-ci sont disposés une série d'appareils consommant chacun 7,5 kw pour la cuisson de la viande, des puddings, des légumes; enfin une plaque chauffante de 90×45 cm sert à la préparation des ragouts et des sauces. Pour les grillades on a prévu un réchaud de $57{,}5 \times 30$ cm d'une puissance de 3 kw et enfin un four de $60 \times 60 \times 11{,}5$ cm permet de cuire 300 à 400 poissons par heure.

Tout l'appareillage sort des ateliers de la British Prometheus C°; les résistances sont constituées par de fines pellicules métalliques déposées sur mica. La préparation des aliments pour 400 personnes exige une dépense d'énergie journalière de 120 à 130 kilowatts-heure. Chaque appareil ou chaque groupe d'appareils a son tableau propre avec fusibles, interrupteurs et ampèremètres, ce qui permet de suivre le fonctionnement de chacun et en même temps de ne pas arrêter la marche de toute l'installation en cas d'accident à l'un des appareils. Les conducteurs allant au tableau sont enfermés dans des tubes d'acier rigides; ceux qui en partent, pour aller aux récepteurs, sont enfermés dans des tubes flexibles.



Tome XIX. **N° 218. — 17 janvier 1913**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Les **grandes vitesses angulaires** sont sur le point d'entrer dans le domaine de la pratique. On sait les produire : les turbines à action directe du genre de Laval donnent, en effet, des vitesses angulaires de 20000 à 30000 tours par minute. On leur connaît aussi des applications: sans parler des volants Ilgner, dont la vitesse angulaire est bien supérieure, les volants gyroscopiques à très grande vitesse angulaire sont utilisés aujourd'hui dans les compas de marine et trouveront demain un emploi comme stabilisateurs dans les avions, les navires et les chemins de fer monorails; quant aux compresseurs rotatifs tournant avec des vitesses angulaires de 30000 tours par minute, M. Maurice Leblanc a montré il y a plus d'un an qu'ils résoudraient d'une manière pratique le problème de la production des vides très élevés; et suivant le même ingénieur, la génération des courants alternatifs s'accommoderait aussi de vitesses aussi considérables.

Mais si l'on sait réaliser les grandes vitesses angulaires, si l'on entrevoit quelques-unes de leurs applications, on est encore dans la période des tâtonnements en ce qui concerne la construction des machines qui doivent tourner à ces vitesses. Quelle est la grandeur des efforts auxquels seront soumis les matériaux constitutifs de ces machines? Ne peut-on, par des dispositifs appropriés, réduire les forces mises en jeu dans certaines parties de ces machines, en particulier les réactions contre les paliers? Telles sont les deux questions qui, pour le moment, préoccupent les ingénieurs. On trouvera dans ce numéro deux articles importants consacrés respectivement à l'une et à l'autre de ces questions.

La première question est traitée par M. A. GUYAU, un jeune ingénieur sorti il y a quelques années de l'École supérieure d'Électricité, sous le titre: **Calcul des efforts élastiques développés dans un disque mince en rotation rapide** (p. 80 à 87).

Les formules usuelles qui permettent de calculer les efforts dus à la force centrifuge ou aux variations de vitesse, soit dans les jantes, soit dans les bras des volants, sont inapplicables dans le cas, que l'on rencontre fréquemment aujourd'hui, de disques ou volants à âme pleine et à vitesse périphérique élevée. L'étude complète de la question ne peut se faire qu'en recourant aux relations de la théorie mathématique de l'élasticité, celles-là mêmes dont usa jadis Lamé pour arriver aux formules qui portent son nom.

Malheureusement, ces relations ne conduisent pas, comme dans les cas envisagés par Lamé, à une solution rigoureuse. Même après d'indispensables approximations, la solution du problème est encore liée à une équation différentielle assez complexe du deuxième ordre. M. Guyau montre qu'en pratique on peut, avec une exactitude très suffisante, la ramener à une équation linéaire à coefficients constants.

M. Guyau indique ensuite comment on peut tenir compte des rapides variations d'épaisseur des disques en divers points de leurs rayons (passage de la jante à l'âme, de l'âme au moyeu, etc.) et qui constituent de véritables discontinuités de cette épaisseur.

Dans ce premier article, M. Guyau s'est volontairement limité à l'étude analytique du problème, mais un simple coup d'œil jeté sur les formules obtenues permettra au lecteur d'en apprécier l'importance pratique en observant combien les résultats diffèrent des prévisions auxquelles un examen superficiel de la question pourrait conduire. C'est ainsi que, dans un disque plein d'épaisseur constante, on trouve que la contrainte imposée au métal par les efforts centrifuges est maximum au centre du disque et minimum à la périphérie.

Un prochain article sera consacré aux efforts qui prennent naissance dans un rotor de turbo-alternateur pendant un court circuit.

Avec l'article de M. Maurice Leblanc sur **la réalisation des grandes vitesses angulaires,** nous entrons en plein dans le domaine de la pratique.

Comme nous le disions dans notre chronique du 10 novembre 1911 (t. XVI, p. 393), M. Maurice Leblanc s'est consacré depuis plusieurs années au problème de la production économique du froid, soit en vue de la conservation des denrées alimentaires, soit pour rafraîchir les habitations et permettre ainsi aux Européens de supporter sans trop d'inconvénients les chaleurs torrides des pays tropicaux. Les solutions actuelles consistant à produire le froid par évaporation d'ammoniaque, d'anhydride sulfureux, d'anhydride carbonique ou chlorure de méthyle présentant divers inconvénients, principalement pour la dernière application, M. Maurice Leblanc a cherché à rendre industriel le vieux procédé de Leslie de la production du froid par évaporation de l'eau.

Mais pour évaporer l'eau à de basses températures, il faut pouvoir produire un vide très élevé, et cela plus économiquement et plus commodément qu'avec les machines pneumatiques actuelles, alternatives ou rotatives. L'éjecteur à vapeur fournit une première solution du problème, fort simple d'ailleurs, puisque l'appareil destiné à faire le vide par aspiration de l'air et de la vapeur d'eau se réduit à un bout de tuyau de forme appropriée. Toutefois la détermination de cette forme, soit par le calcul, soit par l'expérience, présente des difficultés sérieuses; d'autre part, l'amorçage des éjecteurs possédant des rapports de compression supérieurs à huit exige des dispositifs spéciaux; aussi n'est-ce qu'après d'assez longues recherches que M. Maurice Leblanc parvint à rendre véritablement industrielle la production des vides élevés par les éjecteurs de vapeur. On sait d'ailleurs que d'importantes applications de ces appareils ont été faites depuis quelques années sur nos cuirassés pour le refroidissement des soutes à munitions.

Si pratique qu'elle soit, la production des vides élevés par des éjecteurs de vapeur offre cependant un inconvénient : à la vapeur qu'ils doivent enlever du condenseur où l'eau se vaporise, se mélange la vapeur qui les fait fonctionner. Il faut dès lors, pour condenser la vapeur sortant des éjecteurs, un condenseur de dimensions relativement considérables et un grand débit de l'eau de refroidissement.

Un aspirateur-compresseur rotatif remplaçant les éjecteurs supprimerait cet inconvénient. Mais la puissance exigée par l'appareil est toujours petite, même dans les grandes installations. Or, on sait que la vitesse angulaire des compresseurs rotatifs doit croître à mesure que leur puissance diminue : on se trouve ainsi amené à envisager des vitesses angulaires de 30000 tours par minute. D'autre part, la vitesse périphérique des aubes de ces machines doit être d'autant plus grande que le fluide aspiré est moins dense : pour aspirer de la vapeur d'eau saturante à — 10°, on est conduit à des vitesses périphériques de 500 m : sec; c'est une nouvelle raison pour avoir recours à des vitesses angulaires très grandes.

Nous avons déjà dit dans notre chronique du 10 novembre 1911 que M. Leblanc était parvenu à construire des compresseurs rotatifs tournant à ces vitesses élevées en constituant leurs aubes par des bandes souples en fils de ramie, qui résistent mieux que des ailettes d'acier aux tensions développées par la force centrifuge et qui, pendant le fonctionnement, se comportent, précisément par suite de ces tensions, comme des aubes rigides. Nous avons aussi indiqué sommairement comment M. Maurice Leblanc était parvenu à réaliser ces grandes vitesses de rotation sans vibrations exagérées du rotor en laissant celui-ci libre de choisir à chaque instant son axe de rotation et en lui adjoignant un équilibreur automatique ramenant constamment le centre de gravité de l'ensemble sur



l'axe de figure quand il s'en trouve écarté par suite des déformations qu'éprouve le rotor sous l'influence des efforts centrifuges. Ce sont ces deux points que traite avec détails M. Maurice Leblanc dans son nouveau travail.

Dans l'exposé de la question, après avoir montré l'intérêt et la difficulté de la réalisation des grandes vitesses angulaires, il reconnaît que les procédés actuels de construction permettraient d'atteindre ces vitesses avec des arbres rigides et des coussinets fixes si les rotors étaient indéformables. Mais il faudrait donner aux bâtis et aux paliers des masses et des dimensions considérables qui rendraient les machines lourdes et de rendement médiocre. Il est donc préférable de laisser « le rotor choisir à chaque instant son axe de rotation comme pourrait le faire une toupie reposant sur une surface parfaitement polie ». Des paliers mobiles pour soutenir le rotor et des arbres flexibles pour transmettre le couple moteur sont, par suite, indispensables pour qu'on ne perde pas une trop grande puissance par les frottements dans les coussinets.

Mais certaines conditions mécaniques, telles que la nécessité de maintenir l'axe de figure du rotor en presque coïncidence avec l'axe de figure du stator, viennent malheureusement limiter la liberté des mouvements de l'axe de rotation du rotor. Il est donc indispensable de ramener cet axe en coïncidence avec l'axe de figure, lorsqu'il tend à s'en écarter par suite des déformations éprouvées par le rotor. Pour cela il faut ramener le centre de gravité du système tournant sur son axe de figure, et c'est là le but des équilibreurs automatiques.

En pratique, il faut donc remplir simultanément ces deux conditions : liberté aussi grande que possible des mouvements du rotor et bon équilibrage de ce rotor. Satisfaire à une seulement de ces conditions serait pratiquement insuffisant.

L'emploi d'arbres flexibles et de coussinets mobiles peut donner lieu à des perturbations : pour certaines vitesses du rotor, des résonances sont à craindre. Fort heureusement, le calcul montre que l'on peut donner, à la vitesse critique du rotor seul correspondant à ces résonances, une valeur notablement supérieure à la vitesse de régime; les effets amplificateurs de la résonance ne sont donc pas à craindre tant qu'on ne considère que le rotor seul. Si l'on considère le système formé par le rotor, ses coussinets et les ressorts qui maintiennent ceux-ci, on trouve au contraire que, dans les conditions usuelles, la vitesse critique de l'ensemble est notablement inférieure à la vitesse de régime que l'on se propose de réaliser. Une dislocation de la machine est donc à redouter au moment du passage de la machine par cette vitesse critique. Mais du fait même qu'elle est notablement inférieure à la vitesse de régime, la machine n'aura cette vitesse dangereuse que pendant un intervalle de temps très court que l'on pourra, par une accélération ou une retardation très rapide du mouvement, rendre suffisamment petit pour que les effets de résonance ne puissent se manifester. On pourra d'ailleurs, en raison même de la valeur relativement faible de cette vitesse critique, caler sans inconvénient les coussinets tant que la vitesse de la machine ne lui est pas supérieure. C'est à cette solution que s'est arrêté M. Maurice Leblanc.

Les dispositions pratiques qui ont permis de surmonter ces diverses difficultés sont décrites aux pages 92 et suivantes. On y verra la représentation du dispositif de calage temporaire des coussinets, du système de suspension de ceux-ci, ainsi que la description des organes accessoires qui concourent à faire de l'ensemble une machine individuelle. Dans le prochain numéro, on trouvera la partie de l'étude consacrée aux équilibreurs automatiques.

* * *

Parmi les appareils statiques capables de convertir le courant alternatif en courant redressé, le **redresseur à mercure** a pris dans ces dernières années un développement important. Déjà, en 1905, dans une communication faite à la séance du 15 mai de la Société internationale des Électriciens, M. Maurice Leblanc père, en présentant la lampe Cooper-Hewitt qui venait d'apparaître sur le marché français, insistait particulièrement sur les applications de cette lampe au redressement des courants alternatifs ([1]).

Depuis, divers perfectionnements ont été apportés dans la construction des ampoules Cooper-Hewitt et ont permis d'obtenir des convertisseurs de puissance atteignant 30 kilowatts, comme le montrait M. Maurice Leblanc fils dans une communication faite à la dernière séance de la Société internationale des Électriciens, le 8 janvier 1913.

Pour les puissances plus considérables les grandes dimensions qu'il est nécessaire de donner à l'ampoule rendent l'appareil fragile. Aussi a-t-on songé à remplacer l'ampoule en verre par un récipient métallique. L'an dernier nous signalions, d'après un article de M. Schäfer, les résultats obtenus dans cette voie. Dans ce numéro on trouvera (p. 56 à 59) l'analyse d'un nouvel article du même auteur, indiquant les progrès accomplis depuis un an. Comme on le verra, c'est surtout vers la réalisation de l'étanchéité des joints et la prévention des courts circuits qu'ont porté les efforts des constructeurs.

([1]) Cette communication a été reproduite dans *La Revue électrique*, t. III, 15 mai 1905, p. 271-281.



Indiquons en outre qu'il existe aujourd'hui en fonctionnement des redresseurs au mercure d'uee puissance de 80 kilowatts et que Cooper-Hewitt serait arrivé à construire un redresseur de 200 kilowatts. Avec de telles puissances il est permis d'envisager la possibilité, en traction, de convertir sur les voitures elles-mêmes le courant alternatif, amené par la ligne, en courant redressé pour l'alimentation des moteurs.

* *

En raison du faible rendement des moteurs thermiques, la transformation, par les procédés actuels, de l'énergie chimique du charbon en énergie électrique, donne lieu à un véritable gaspillage du combustible. Une transformation directe serait très certainement plus économique. De nombreuses recherches ont déjà été faites dans le but de trouver une pile réalisant cette transformation. Bien qu'elles n'aient pas encore donné de résultats pratiques, on ne saurait contester leur intérêt. Aussi signalons-nous, pages 59 à 65, une étude récente **sur de nouvelles piles au charbon** due à MM. E. Baur et H. Ehrenberg.

*
* *

La **mesure de l'irrégularité des groupes électrogènes** a donné lieu, de 1900 à 1903, à de nombreuses communications à la Société internationale des Électriciens. Malgré l'ingéniosité des inventeurs et la multiplicité des méthodes employées, la question ne reçut aucune solution absolument satisfaisante. Elle ne tarda pas d'ailleurs à être délaissée, l'emploi des turbo-alternateurs, qui n'ont pas d'irrégularité dans le tour, lui ayant fait perdre beaucoup de son importance.

L'utilisation des moteurs à gaz, pour la conduite des groupes électrogènes, est venue lui redonner quelque actualité. On lira donc avec intérêt la communication faite récemment par M. P. Boucherot et reproduite pages 66 à 70, où l'auteur décrit un appareil qui permet de déterminer très simplement l'irrégularité d'un groupe électrogène.

*
* *

La récente Conférence internationale de l'Heure, dont les travaux ont été relatés dans ces colonnes [1], a, comme on l'a vu, décidé que l'heure internationale serait transmise par signaux hertziens émis par la tour Eiffel et que cette transmission devrait, tout au moins dans le cas des signaux nécessités par des mesures astronomiques ou géodésiques, atteindre la plus haute précision.

La réalisation de ce programme soulève de sérieuses difficultés si l'on veut obtenir une approximation du centième ou même du dixième de seconde. Il faut, en effet, d'abord déterminer avec cette approximation l'heure exacte par rapport aux indications de la pendule directrice, puis déterminer le temps que mettent les divers organes interposés entre cette pendule et l'antenne pour émettre, sous forme de signaux hertziens, l'heure de cette pendule.

L'appareil électrique mesureur du temps, imaginé par M. G. Lippmann, et dont une description sommaire est donnée pages 72 et 73, d'après une communication de l'auteur à l'Académie des Sciences, permet de réaliser ces déterminations avec une très grande précision.

En principe, l'appareil se compose d'un bras entraîné par un axe faisant rigoureusement 1 tour par seconde et venant toucher deux contacts déplaçables le long d'une circonférence qui ferment le circuit d'un téléphone ou d'une petite lampe. On règle successivement les contacts de manière que les signaux acoustiques ou lumineux ainsi produits coïncident exactement avec les deux phénomènes périodiques (de période 1^s) dont on veut mesurer le déphasage, par exemple l'échappement de la pendule directrice et l'émission des ondes hertziennes. La distance angulaire des contacts donne ce déphasage au centième de seconde près.

Enfin, au moyen d'un troisième contact placé de manière qu'il soit touché à l'instant précis de l'échappement d'une pendule qui donnerait l'heure exacte, il est possible de régler les signaux hertziens de manière que, eux aussi, soient émis à ce même instant. J. Blondin.

(1) *La Revue électrique*, t. XVIII, p. 409 et 450.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : 7, rue de Madrid, Paris (8e). — Téléph. { 549.49. 549.62.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité; Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité; Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Deuxième Bulletin bimensuel de 1913.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité de l'Union des Syndicats de l'Électricité du 4 décembre 1912.

Présents : MM. Guillain, président; Eschwège, Legouez, Marquisan, vice-présidents; Fontaine, secrétaire; Berthelot, Godinet, F. Meyer, Pinot, Sartiaux; M. Paré suppléant M. Boutan; M. Cance suppléant M. Burgunder.

Absents excusés : MM. Cordier, vice-président; Cotté, Zetter.

M. Guillain occupe le fauteuil de la présidence.

Il est rendu compte de la situation de caisse.

Adhésion. — Le Comité décide de demander son inscription comme membre titulaire à l'Association de bibliographie et de documentation.

Documents officiels. — Le Comité de l'Union prend connaissance des documents suivants : Loi portant codification des lois ouvrières (Livre II du Code du Travail et de la Prévoyance sociale) (*Journal officiel* du 30 novembre 1912). Observation est faite que les contraventions établies avant la promulgation sous le régime des anciennes lois, ainsi abrogées, tombent s'il n'y a pas eu de sanction judiciaire. — Arrêté du Ministre des Finances du 8 novembre 1912 nommant un membre de la Commission de péréquation des taxes sur les divers modes d'éclairage (*Journal officiel* du 13 novembre 1912). — Trois arrêtés du Ministre des Travaux publics, des Postes et Télégraphes, approuvant divers types de compteurs d'énergie électrique (*Journal officiel* du 15 novembre 1912). — Circulaire du Ministre du Travail et de la Prévoyance sociale, en date du 23 septembre 1912, aux ingénieurs divisionnaires du travail et aux ingénieurs en chef des mines accompagnant le texte de l'instruction sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques, prévue par l'article 13 du décret du 11 juillet 1907 et le texte du décret du 13 août 1912 qui modifie cet article. — Circulaire du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, aux préfets, en date du 1er octobre 1912, relative à l'établissement par permissions de voirie de canalisations et ouvrages de distribution ou de transport d'énergie électrique. Cette réglementation nouvelle comporte une restriction au régime des permissions de voirie; néanmoins, des dérogations y sont admises. M. le Président en fait ressortir l'importance.

Unités électriques et contrôle des compteurs. — Les mesures prescrites par le Comité dans la précédente séance ont été réalisées. Des copies des deux lettres du Président, en date des 29 et 30 octobre 1912, au Ministre du Commerce et de l'Industrie, ont été remises aux Chambres syndicales adhérentes pour être communiquées officieusement aux Chambres de Commerce. Elles ont été reproduites dans *La Revue électrique*, numéro du 6 décembre, page 461.

Taxes sur l'éclairage. — La Commission interministérielle nommée pour étudier la question de la péréquation des taxes sur les divers modes d'éclairage a écarté comme inapplicable et anti-économique la taxation du courant, et a conclu à l'établissement d'une taxe de consommation sur les appareils d'éclairage, taxe modérée telle que le produit en puisse compenser la détaxe qui serait faite sur la bougie. Une sous-commission sera chargée d'étudier les détails d'application de la réglementation; elle comprendra des représentants de l'industrie.

Droit de douane sur le courant électrique. — Des documents complémentaires sur cette question sont attendus.

Contrôle prévu par la loi du 15 juin 1906. Concessions antérieures a la loi de 1906. — Sur la demande de M. Marquisan, M. le Président rappelle les principes qui régissent la matière; les questions de police et de sécurité priment toutes les autres et, par suite, la réglementation à ce sujet peut toujours être rétroactive. Mais il en est tout autrement des mesures fiscales qui peuvent en être la conséquence. L'espèce indiquée par M. Marquisan sera transmise au Secrétariat à fin de consultation juridique.

Bibliographie. — M. le Secrétaire dépose sur le bureau les rapports qui ont été discutés au Congrès national pour la défense et le développement du commerce extérieur.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue d'Édimbourg, 9.
Téléphone : 507-59.

Deuxième Bulletin bimensuel de 1913.

Convocation de la septième Section.

MM. les membres de la septième Section sont informés que la réunion mensuelle aura lieu le vendredi 24 janvier à 2 h 15 m, au siège social, pour la vérification des listes d'inscription de la Section. Renouvellement du Bureau. Affaires diverses.

En raison de l'importance de cette réunion, nous comptons que de nombreux membres voudront bien y assister.

Service de placement.

Nous rappelons à MM. les Industriels, membres du Syndicat, que le service de placement est à leur disposition en vue de leur signaler des candidats, munis de références, pour les emplois qui seraient vacants dans leur Maison. Nous les prions, en conséquence, de bien vouloir nous indiquer le personnel dont ils auraient besoin pour que nous les aidions à le trouver.

Révision annuelle des listes des adhérents et établissements adhérents.

Les tableaux servant à préparer les élections des représentants des Sections professionnelles à la Chambre syndicale devant être dressés au commencement du mois de janvier, nous prions les *Etablissements adhérents* qui auraient des modifications à apporter à leur inscription dans les Sections ou au nombre de leurs ouvriers; ainsi que MM. les *membres adhérents à titre personnel*, qui auraient à signaler des distinctions honorifiques nouvelles, des changements de situation ou de domicile, de bien vouloir en informer *de suite* le Secrétariat.

Nous comptons sur le concours de tous les adhérents pour attirer l'attention des électriciens qui ne font pas encore partie de notre Syndicat sur l'intérêt qu'ils ont à demander de suite leur admission, de façon qu'elle puisse être présentée à la prochaine séance de la Chambre syndicale, et qu'ils puissent être inscrits sur les listes pour 1913.

Cours de perfectionnement d'apprentis.

Un nouveau centre de cours, organisé par le Syndicat pour les apprentis de première année, doit s'ouvrir très prochainement dans les locaux de l'École communale située rue Blomet (XIVe arrond.).

Nous prions MM. les Industriels qui ont leurs ateliers à proximité et qui désirent envoyer des apprentis suivre ces cours, de bien vouloir en aviser de suite le Secrétariat conformément à la demande qui leur a été faite par lettre individuelle.

Extrait du procès-verbal de la réunion de la deuxième Section.

ORDRE DU JOUR. — 1° Étude des dispositions unifiables dans les interrupteurs de faible intensité.

Il est considéré comme possible, en principe, de recommander l'unification :

a. Des dimensions des socles;

b. Des dispositions des attaches ou moyens de fixation;

c. Des filetages des couvercles vissés;

d. De la visserie suivant les types proposés par M. Zetter pour la visserie inférieure à 6 mm de diamètre et suivant le système français pour les diamètres supérieurs.

M. Lens est prié de préparer un Rapport préliminaire sur la question à la suite duquel la Chambre syndicale serait saisie d'un vœu tendant à la constitution d'une Commission intersyndicale qui traiterait de la question comme cela a été institué pour les prises de courant.

2° Projet de création d'une marque syndicale pour les lampes et autres appareils électriques de fabrication française.

Il est donné communication d'un projet de création d'une marque syndicale; après échange d'observations, il est entendu qu'une Note sera remise d'urgence à la Chambre syndicale sur cette importante question.

A ce propos, la Section prend connaissance de certains moyens de propagande à l'exportation employés à l'étranger et décide de reporter l'étude de la question à une prochaine séance.

3° Sujets nouveaux à porter à l'ordre du jour.

Un très important programme de nouvelles questions a été établi, comprenant :

1° L'établissement d'un programme méthodique d'essais visant notamment entre autres la qualification des isolateurs à haute tension et de l'appareillage.

2° L'unification des écartements des pôles des interrupteurs.

3° La spécification des interrupteurs à huile, etc.

Le Président de la deuxième Section fait un pressant appel aux adhérents pour qu'en raison de l'importance de ces questions, ceux-ci veuillent bien se faire représenter de plus en plus assidûment aux séances ultérieures.

Le Président de la deuxième Section,
Signé : E.-J. BRUNSWICK.

Bibliographie.

MM. les Membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les Annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° *Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans les immeubles et leurs dépendances;*

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;

7° Le Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 200 volts;

8° La brochure sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

9° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat professionnel des industries électriques (édition de 1907);

10° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Annuaire* de 1912, p. 104);

11° L'affiche « Conseils pour éviter la tuberculose »;

12° Affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;



13° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et les principaux décrets, arrêtés, circulaires relatifs à l'application de cette loi (par brochures séparées);

14° *Arrêté technique du 21 mars* 1911, en application de la loi du 15 juin 1906;

15° Imprimés préparés pour *demandes de concession* de distribution d'énergie électrique (conformes au Cahier des charges type);

16° États de renseignements à fournir à l'appui d'une demande (annexe n° 3 à la circulaire ministérielle du 25 octobre 1908);

17° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris;

18° Renseignements relatifs à l'application de la loi du 5 avril 1901 sur les retraites ouvrières et paysannes;

19° Renseignements relatifs au fonctionnement de la Caisse syndicale de retraites des forges, de la construction mécanique, des industries électriques et de celles qui s'y rattachent.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

DEUXIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1913.

SOMMAIRE : Liste des nouveaux adhérents, p. 55. — Bibliographie, p. 55. — Compte rendu bibliographique, p. 55. — Liste des documents publiés à l'intention des membres du Syndicat, p. 55.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 1er janvier 1913.

Membres actifs.

MM.

DREYFUS (Georges-Bernard), Ingénieur E. C. P., Administrateur de l'Omnium français d'électricité, de l'Omnium hellénique d'électricité, 15, rue Pergolèse, Paris, présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

LEFEBVRE (Charles), Administrateur délégué de la Société « l'Électrique de Loir-et-Cher », 105, rue Saint-Lazare, Paris, présenté par MM. Eschwège et Brylinski.

Membre correspondant.

CHANCELIER (Raoul-Charles), Mécanicien électricien, Station centrale des Mines, Labuissière, par Bruay (Pas-de-Calais), présenté par MM. Léon Mélot et Paul Perrin.

DUPONT (Gaëtan), Mécanicien électricien, Usine électrique, Ventavon (Hautes-Alpes), présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

GAGLIARDI (Pierre-François), Chef électricien, Secteur des Mureaux (Seine-et-Oise), présenté par MM. Persignat et Fontaine.

MANSILLON (Émile), Technicien électricien, Villa Clotilde, Saint-Antoine, Marseille (Bouches-du-Rhône), présenté par MM. Lacroix et E. Fontaine.

MONTAGNE (Henri), Ingénieur électricien, Villeneuve, par Saint-Uze (Drôme), présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

PATRIARCHE (Alfred), Ingénieur électricien I. E. N., 50, rue de Châlons, Paris, présenté par MM. Fontaine et Mélot.

PITOLET (Victor-Jean), Mécanicien électricien, chez M. Vigneau, 10, rue de la Brosse, Paris, présenté par MM. Vigneau et Fontaine.

STURTZ (Edmond), Contremaître électricien, 55, rue Gauthey, Paris, présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

Usines.

SOCIÉTÉ SAÔNE ÉLECTRICITÉ, Saint-Jean-de-Losne (Côte-d'Or).

SOCIÉTÉ L'ÉLECTRIQUE DU LOIR-ET-CHER, 105, rue Saint-Lazare, Paris.

SOCIÉTÉ « ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DE MEUSE ET MARNE », 9, rue Berthelot, Saint-Dizier (Haute-Marne).

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations, comme aussi de tous les livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.

Bibliographie.

1° Collection complète des Bulletins de 1896 à 1907;

2° Loi du 9 avril 1898, modifiée par les lois des 22 mars 1902 et 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail;

3° Décrets portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 9 avril 1898;

4° Circulaire ministérielle du 24 mai 1911, relative aux secours à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs d'énergie électrique (affiche destinée à être apposée exclusivement à l'intérieur des usines et dans leurs dépendances);

5° Circulaire analogue à la précédente (affiche destinée à être apposée à l'extérieur des usines, à la porte des mairies, à l'intérieur des écoles et dans le voisinage des lignes à haute tension);

6° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray;

7° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs;

8° Rapport de la Commission des compteurs, présenté au nom de cette Commission par M. Rocher au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903;

9° Rapport de la Commission des compteurs relatif aux réponses des constructeurs de compteurs aux *desiderata* qui leur ont été soumis par la Commission;

10° Modèle type de bulletin de commande de compteurs;

11° Décret sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques;

12° Loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie, et les principaux décrets, arrêts et circulaires pour l'application de cette loi;

13° Modèle de police d'abonnement.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.

Sociétés, Bilans. — Compagnie d'électricité de l'Ouest-Parisien (Ouest-Lumière), p. 95.

Chronique financière et commerciale. — Convocation d'assemblée, p. XXXV. — Nouvelles Sociétés, p. XXXV. — Modifications aux statuts et aux conseils, p. XXXV. — Premières nouvelles sur les installations projetées, p. XLI. — Demandes d'emplois, p. XXXVII.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

REDRESSEURS DE COURANT.

Quelques nouveautés dans la construction des redresseurs à vapeur de mercure et leur emploi dans la pratique (1).

Depuis la communication faite par l'auteur (2) au début de l'année précédente indiquant que la construction des redresseurs à vapeur de mercure pour grande puissance était capable au moins en principe d'une réalisation pratique, il semble que cette opinion se soit fortifiée et que le transformateur statique de grande puissance, sous forme de redresseur à vapeur de mercure, soit appelé sous peu à combler un vide dans la série des machines électriques actuelles en permettant de transformer statiquement du courant alternatif en courant continu.

Pour arriver à ce but on a tout d'abord songé à transformer les appareils en verre existants pour de petites puissances en appareils métalliques robustes. Ceci n'était en somme qu'un point de construction mécanique qui imposait la création de récipients métalliques munis d'électrodes étanches et dans lesquels on pouvait conserver d'une façon continue un vide aussi élevé que possible.

Les essais se portèrent sur l'emploi de joints d'amiante avec cuvettes surmontant ces joints et remplies de mercure ou d'huile. On a constaté toutefois que l'huile pénétrait facilement à l'intérieur des récipients à vide et contrariait fortement l'évacuation. Les figures 1 et 2 donnent deux dispositions préconisées pour obtenir des fermetures étanches.

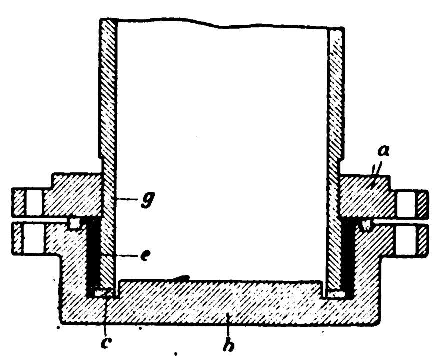


Fig. 1. — Joint étanche à rondelle d'amiante *c* et à mercure *e*.

Dans la figure 1, *g* représente la paroi du récipient constitué par un tube d'acier; ce tube est muni d'un collier mobile qui vient se fixer par des boulons à la fermeture *b* du tube et produit par serrage une forte pression égale sur une rondelle d'amiante *c*; l'espace vide circulaire *e* est rempli de mercure.

Un tel récipient a pu être expédié par voie ferrée après que le vide y eut été fait et l'on n'a pas constaté de changement appréciable dans la valeur de ce vide après le voyage.

La figure 2 représente l'entrée d'une électrode étanche; on remarquera que dans cette disposition une seule vis

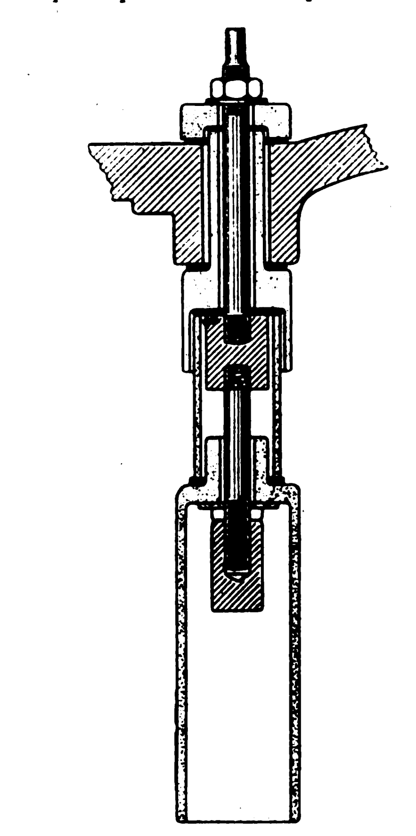


Fig. 2. — Joint étanche pour entrée d'électrode.

extérieure permet d'effectuer le montage et de donner le serrage voulu aux joints d'amiante. A côté de cette question d'étanchéité des récipients très importante et pour laquelle on a trouvé assez rapidement des solutions satisfaisantes, se posait celle de la disposition des anodes dont l'importance est non moins grande, principalement lorsqu'on veut employer des tensions élevées : 220 volts et plus.

L'auteur a déjà indiqué que le danger du changement de polarité augmente beaucoup avec la puissance, ce changement de polarité est suivi dans l'appareil d'un renversement de sens du courant; après de nombreux essais on est arrivé à limiter les effets dangereux de ce phénomène.

(1) Béla B. Schäfer, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXX, 7 novembre 1912, p. 1164.

(2) Voir *La Revue électrique*, t. XV, 28 avril 1911, p. 378.

Dans les circonstances normales, l'effet de l'arc à vapeur de mercure formant soupape électrique est tel qu'il ne peut passer qu'une fraction de milliampère dans le mauvais sens.

Pour certaines raisons qui sont encore à déterminer plus exactement, il peut arriver que cet effet ne se produise pas et que le passage du courant dans le mauvais sens ne rencontre aucune résistance appréciable. Comme le schéma du redresseur est établi de façon qu'une inversion de sens du courant soit impossible lors d'une inversion, un changement de polarité produit dans les circonstances signalées ci-dessus occasionne un court circuit total aux bornes de la source, ce qui, pour les appareils en verre, amène la destruction de l'ampoule et pour les grands redresseurs à récipients métalliques munis d'organes de sécurité donne lieu à une sorte d'explosion de ces organes.

Un changement de polarité peut se produire par suite des causes suivantes:

1° La pression dans le récipient à vide est trop grande et favorise la transformation d'effluves inoffensives en une dangereuse décharge sous forme d'arc;

2° Lorsque les électrodes, fonctionnant normalement comme anodes, se couvrent de gouttelettes de mercure condensé qui retombent de haut en bas et ont ainsi des tendances à jouer le rôle de cathode;

3° Lorsque les électrodes solides sont touchées par une flamme dite négative venant de la cathode ou par un courant de vapeur ascendant à haute température et bon conducteur.

La première cause peut être éliminée en utilisant des joints bien étanches, comme nous l'avons signalé plus haut, ce qui permet de toujours maintenir le vide à une valeur convenable.

On amoindrit considérablement les effets des deux autres en ordonnant convenablement la disposition intérieure du redresseur. Tout d'abord, signalons la disposition du brevet français n° 413221 (1910) dont le schéma est représenté par la figure 3.

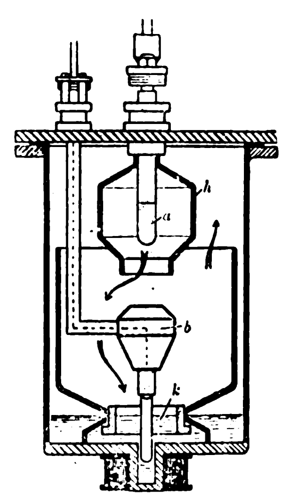


Fig. 3. — Redresseur à anode unique.

Une anode unique *a* est séparée de la cathode *k* par un corps étranger, sorte de diaphragme (déflecteur) *b*, qui a pour but de rejeter sur le côté par sa partie conique, les vapeurs ascendantes provenant de la cathode liquide, tandis que la partie conductrice de l'arc pénètre jusqu'à la cathode par l'ouverture d'un manchon protecteur en tôle *h* qui entoure l'anode. L'appareil est placé à l'intérieur d'un bain d'huile formant refroidisseur et joint hydraulique et d'un bain d'eau refroidisseur. Ce système ne préconisant que l'emploi d'une anode exige une anode auxiliaire supplémentaire alimentée par du courant continu et dite anode d'excitation. Cette dernière est fixée à la partie inférieure du diaphragme et reçoit le courant au moyen d'une connexion qui traverse tout le récipient et son couvercle. Cette disposition de l'anode centrale avec diaphragme offre toutefois l'inconvénient de ne pas permettre d'introduire plusieurs phases d'un système polyphasé dans un même récipient à vide, sans compliquer énormément la forme de ce dernier; de plus, il a été démontré que l'intensité admissible avec une seule anode est relativement restreinte parce que, lorsque la température croît, la densité se répartit inégalement sur la surface anodique, ce qui augmente la réduction en poussière de la matière constituant l'anode et la tendance au renversement de polarité.

Il est bien préférable de répartir la charge sur plusieurs anodes, et c'est la disposition adoptée dans la figure 4.

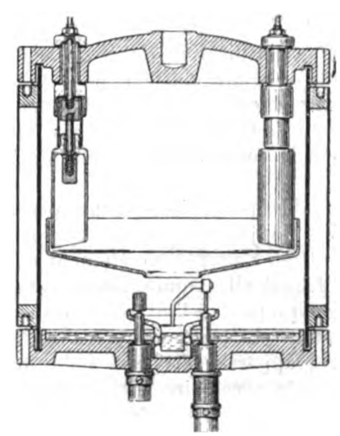


Fig. 4. — Redresseur à plusieurs anodes.

Au lieu d'être placées au centre du récipient, les anodes en sont écartées autant qu'il est possible et amenées très près des parois du récipient. Une enveloppe générale munie d'une ouverture centrale entoure toutes les anodes; cette enveloppe permet aux courants de vapeur quittant les anodes d'être déviés vers le centre et de retourner à la cathode par l'ouverture centrale de l'enveloppe.

Avec cette disposition, la répartition des courants de vapeur se fait plus régulièrement. Les vapeurs conductrices qui se trouvent sous l'influence du champ électrique partent de la cathode, traversent l'ouverture centrale de l'enveloppe et de là rayonnent vers les anodes. Les vapeurs non conductrices au contraire s'élèvent en partie verticalement et vont se condenser sur la partie supérieure du récipient, mais la plus grande partie longe à l'extérieur les parois de l'enveloppe qui se trouvent très près de la cathode; ce processus est heureux parce qu'il

augmente beaucoup la capacité des vapeurs conductrices en éloignant d'elles dès le début du parcours les vapeurs non conductrices.

Cette disposition permet également sans difficulté de construire des redresseurs pour systèmes polyphasés (*fig.* 5).

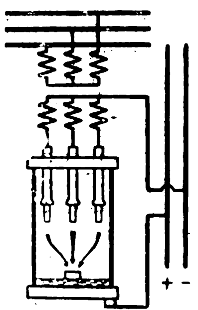


Fig. 5. — Redresseur pour courants polyphasés.

La distance entre les anodes peut être choisie suffisamment grande et, en entourant convenablement ces dernières d'enveloppes protectrices et de séparations isolantes, on peut former comme une sorte de système de cellules qui permet d'augmenter considérablement la différence de potentiel admissible entre deux cellules consécutives et d'atteindre plusieurs milliers de volts pour la tension d'utilisation des redresseurs.

La possibilité de réunir plusieurs phases dans un même récipient permet non seulement d'admettre pour les gros redresseurs l'auto-excitation, mais encore en simplifie beaucoup la construction ou en diminue l'encombrement.

Un remarquable perfectionnement, permis par cette disposition, est l'adjonction d'une grande chambre de refroidissement qui s'adapte directement sur le récipient à vide avec lequel elle communique par un tuyau de grande section qui passe à l'intérieur de la couronne formée par les anodes, ce qui améliore considérablement le rendement des appareils et permet de maintenir plus facilement le vide nécessaire après l'arrêt de la pompe à vide.

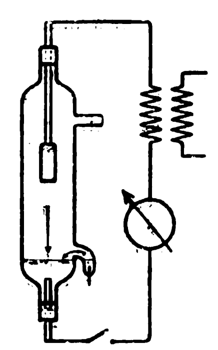


Fig. 6. — Indicateur de vide à vapeur.

A côté de ces améliorations fondamentales dans la construction des gros redresseurs, il faut encore signaler des modifications partielles, par exemple dans la détermination du vide régnant à l'intérieur d'un cylindre de redresseur. Comme il s'agit ici de mesurer de très petites pressions inférieures à 0,01 mm de mercure, il n'est pas possible de prendre en considération les appareils mécaniques de mesure ordinaires.

On a imaginé à ce sujet l'appareil dont le schéma est indiqué par la figure 6. Il repose sur le principe suivant : pour de très faibles intensités, la résistance, entre une anode et une cathode active, dépend principalement du vide; il suffit donc, pour mesurer ce dernier, de mettre en série avec la source de courant primaire la cathode, une anode auxiliaire logée dans l'ampoule et un ampèremètre approprié; on étalonnera cet appareil à l'aide d'un indicateur de vide Mc Leod de précision et l'on pourra ainsi facilement déterminer la pression existant à l'intérieur d'un redresseur.

L'indicateur de vide de la figure 7 est également

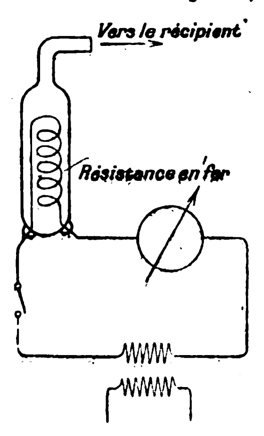


Fig. 7. — Indicateur de vide à résistance en fil de fer.

avantageux; il est basé sur la variation de la résistance d'un fil de fer placé à l'intérieur d'un tube à vide lorsque ce vide varie.

Ces deux méthodes permettent d'avoir des indications sur la pression régnant à l'intérieur des redresseurs dans des endroits éloignés de ceux-ci, par exemple au tableau de distribution; ils peuvent également se construire sous forme d'appareils avertisseurs automatiques.

Disons quelques mots maintenant des installations de redresseurs pour grande puissance existantes.

En novembre de l'année dernière on a installé, dans une grande fonderie de Francfort-sur-le-Mein, un redresseur de 80 kw sous 220 volts, qui fournit la puissance de l'usine depuis ce temps pendant les dix heures de travail de jour.

Le courant alternatif simple de la ville à 2850 volts, 45,3 périodes est d'abord abaissé par un transformateur convenable et transformé ensuite en courant continu à 220 volts par le redresseur. L'excitation constante de la cathode est produite par un petit groupe transformateur rotatif de 1,4 kw, qui pourrait du reste être remplacé lui-même par un redresseur.

Pour une charge de 200 ampères et au-dessus en service continu, il faut de plus faire agir une pompe à vide pour maintenir ce dernier à la valeur désirable.

Cette pompe n'a pas besoin de fonctionner pour des charges inférieures à 200 ampères et la transformation du courant alternatif monophasé en courant continu s'effectue silencieusement.

A la sous-station de Hördt de la Société d'électricité de Strasbourg, on a installé un redresseur de 20 kw sous 110-160 volts, destiné à alimenter un petit réseau auxiliaire à courant continu et à charger une batterie d'accumulateurs prévue comme réserve. Dans cette installation, le redresseur est auto-exitateur. Chaque récipient cylindrique comporte six anodes semblables, deux à deux en parallèle, chaque paire d'anodes étant reliée à une phase du réseau triphasé.

L'appareil comporte trois récipients semblables, la charge de chacun d'eux pouvant atteindre 100 ampères; soit 200 ampères lorsque deux récipients fonctionnent en parallèle; le troisième récipient sert de réserve.

Le redresseur de 300 kw installé à l'usine de construction mécanique H. Lanz à Mannheim est également auto-excitateur.

Le courant primaire triphasé de 3×3150 volts, 50 périodes, est ramené à la tension convenable au moyen d'un transformateur dont le secondaire fournit du courant hexaphasé.

Le redresseur transforme ce dernier en courant très légèrement ondulé à la tension de 2×220 volts. Les récipients employés contiennent en partie 12, en partie 18 anodes qui sont reliées par groupes aux six phases du transformateur.

Le petit tableau ci-dessous indique les différences de poids qui existent entre des redresseurs et des commutatrices de même puissance; on considère pour ces dernières le nombre de tours maximum admissible et par conséquent le poids minimum.

Puissance.	Poids net approximatif du redresseur.	Poids net approximatif de la commutatrice.
kw	kg	kg
20	180	470
40	210	820
75	340	1200
100	480	1900

Si l'on envisage de plus que le redresseur est construit presque uniquement en fer et acier, alors que la commutatrice comporte un fort poids de cuivre, cette différence de poids prend une plus grande importance encore au point de vue de la construction.

Voici quelques données relevées sur des redresseurs en fonction.

La plus petite chute de tension mesurée dans l'arc est de 11,5 volts pour une distance des électrodes de 7 cm et de 14 volts pour 25 cm. La température des électrodes en fer d'une surface utile de 32 cm², le courant par anode étant de 30 ampères, atteint 550° à 650°. La température des points les plus chauds de l'arc varie aux environs de 1000°. Pour faire ces mesures on s'est servi d'un élément thermo-électrique fer-constantan.

On a également fait des mesures sur le phénomène du courant inverse dans les redresseurs; on a trouvé 0,4 milliampère pour 110 volts 30 ampères et 0,6 milliampère pour 110 volts 60 ampères.

Pour des tensions plus hautes l'accroissement du courant inverse n'est pas tout à fait proportionnel à l'accroissement de tension ainsi que l'a observé M. G. Schulze.

Les installations que nous avons décrites plus haut n'ont pas été, comme il fallait s'y attendre avec des appareils nouveaux, sans donner quelques ennuis, et demandent certainement encore de nombreuses améliorations, possibles du reste à réaliser; les résultats obtenus jusqu'ici permettent en tout cas d'affirmer d'une façon presque certaine que le problème si longtemps poursuivi, de construire un transformateur statique de grande puissance permettant de passer directement du système alternatif au système continu, a trouvé une solution pratiquement réalisable.

On travaille également avec ardeur ce problème en Amérique et, d'après un article paru dans l'*Electric Railway Journal*, Bd XXXIX, 1912, p. 175, Cooper Hewitt serait arrivé à réaliser un redresseur capable d'une puissance de 200 kw en service continu. La General Electric Co à Schenectady, qui a fait beaucoup déjà pour la réalisation pratique des redresseurs à mercure pour petites puissances, s'occupe également de la réalisation des redresseurs pour grandes puissances.

Une société s'est fondée à Francfort-sur-le-Mein poursuivant le but de rendre pratique industriellement la construction des redresseurs et de généraliser leur emploi. Il est certain que cet appareil serait une nouvelle source intéressante de développement pour l'industrie électrotechnique et les usines génératrices, et qu'il permettrait de réaliser même dans le domaine de la traction un grand nombre d'installations, qu'on a laissées de côté à cause des inconvénients présentés par les convertisseurs rotatifs.

E. P.

PILES ET ACCUMULATEURS.

Sur de nouvelles piles au charbon (1).

Il résulte des études de Taitelbaum que les piles au charbon ne sont réversibles et peu polarisables qu'aux températures élevées. Dans les couples voltaïques, l'établissement rapide du potentiel et le débit d'un courant est possible lorsque la réaction chimique immédiate est rapide et réversible. Pour que le charbon soit utilisable dans une pile, il faut donc qu'il soit porté à une température où il brûle rapidement, soit au rouge vif.

Sachant que la chaîne charbon-oxygène possède un coefficient de température extraordinairement faible et que l'énergie libre de combustion à 1000° est encore presque aussi grande qu'à basse température, les auteurs ont pensé qu'il était intéressant de faire des recherches sur les piles au charbon à cette température.

Pour avoir une électrode oxygène réversible et capable de donner du courant, on s'est adressé ici à l'argent fondu. On sait que ce dernier dissout abondamment l'oxygène. On pouvait donc penser que l'argent saturé d'oxygène non seulement donnerait le potentiel de ce corps, mais aussi pourrait débiter une certaine intensité. Il fallait ensuite

(1) Emil BAUR et H. EHRENBERG, *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. XVIII, 15 novembre 1912, p. 1002.

combiner cette électrode oxygène avec une électrode charbon au moyen d'un électrolyte approprié.

Comme électrolyte inattaquable en présence des électrodes considérées, on peut prendre les silicates, borates, carbonates alcalins.

Les éléments employés ici sont représentés en figure 1.

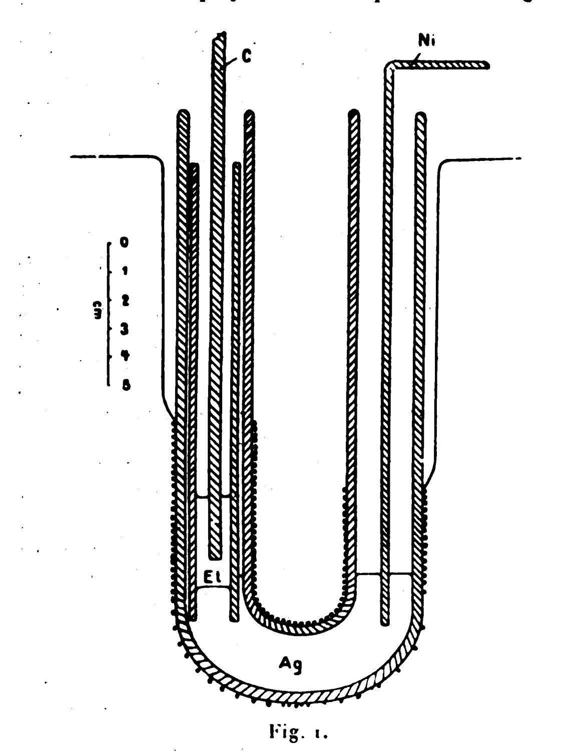


Fig. 1.

Ils consistent en un tube de porcelaine ayant la forme de U. Ce tube est disposé dans de la magnésie et chauffé avec un courant alternatif. On fait fondre dans ce tube environ 300 g d'argent et l'on introduit, dans une branche, un gros fil de nickel (Ni) qui sert d'électrode. L'oxygène peut être amené dans l'argent fondu au moyen d'un tube de porcelaine dans cette même branche. Dans l'autre branche, un tube court en porcelaine renferme l'électrolyte (El). Ce tube a pour but de protéger le tube de chauffage contre une corrosion rapide par le sel fondu. C'est dans ce tube que plongent une ou plusieurs baguettes de charbon C ou d'autres électrodes métalliques lorsqu'il s'agit de l'étude de gaz combustibles au lieu de charbon.

Ces électrodes consistent soit en tubes de platine, fer, nickel et cuivre fermés ou ouverts en bas, soit en fils enroulés en spirale comme il est représenté en figure 2.



Fig. 2.

Autour d'un tube en porcelaine à travers lequel on fait passer de l'hydrogène, par exemple, on enroule un fil de nickel de 1 mm de diamètre par exemple, dont une partie dépasse l'extrémité du tube. Cette partie libre de l'enroulement est plongée dans le sel fondu.

Dans le cas du platine, pour fixer celui-ci aux parois et éviter son usure, on enroule une plaque de 1 mm d'épaisseur autour de la paroi intérieure d'un tube de porcelaine, de sorte que 2 cm se trouvent en dehors et 3 cm à l'intérieur du tube. Dans cette position, la plaque soudée à un fil de platine suffisamment fort est maintenue en place par un deuxième tube mince en porcelaine introduit dans le premier et servant en même temps à amener le gaz.

Comme électrolytes, on emploie le carbonate de sodium, celui de potassium et leur mélange, le silicate de sodium et de potassium (K^2SiO^3), en partie avec addition de fluorure de potassium, la cryolithe avec alumine et le borax. Ce dernier est particulièrement commode à cause de son point de fusion peu élevé et de sa fluidité. Ces corps fondus attaquent tous la porcelaine et notamment les carbonates et la cryolithe. Le métaphosphate de sodium a la propriété inexpliquée de ne donner qu'une tension insignifiante entre le charbon et l'électrode oxygène. Les autres électrolytes se comportent de la même manière et donnent entre le charbon et l'électrode oxygène des tensions allant jusqu'à 1 volt. Avec le silicate Na^2SiO^3, par exemple, pendant le fonctionnement les ions $\overline{SiO^3}$ cheminent vers le charbon, y abandonnent leur charge en donnant $SiO^2 + O$ qui oxyde le charbon. Les ions $\overset{+}{Na}$ cheminent vers l'électrode argent où se trouve l'oxygène en solution électrolytique, de sorte qu'il se forme Na^2O. Celui-ci reforme avec la silice à la cathode le silicate Na^2SiO^3.

Afin de démontrer que la tension provient bien de l'activité électromotrice de l'oxygène et qu'il y a bien combustion du charbon pendant que le couple débite, les auteurs ont fait des essais sur l'élément

$$C \quad Na^2B^4O^2 \,|\, O^2 Ag.$$

En interrompant l'arrivée d'oxygène et en faisant débiter la pile sur une résistance extérieure de 10 ohms, on obtenait une tension aux bornes d'environ 0,5 volt. L'intensité voisine de 50 milliampères se maintenait pendant un grand nombre d'heures grâce à la grande provision d'oxygène dans l'argent, avant que l'épuisement ne se produise. C'est pour cette raison qu'on accélérait le départ de l'oxygène en envoyant de l'hydrogène dans la branche du tube en U qui renfermait la surface libre de l'argent. L'oxygène brûlait donc dans cette branche pendant qu'il agissait au point de vue de la force électromotrice dans l'autre branche.

La figure 3 montre l'allure de la tension (Spannung) et du courant (Strom) pendant l'essai. Le courant d'hydrogène était envoyé après 12 minutes et jusqu'à la 162ᵉ minute où la tension tombait à 0 volt. A ce moment le courant d'hydrogène était interrompu et l'on faisait à nouveau arriver de l'oxygène. Presque aussitôt la tension et le courant remontaient à leurs valeurs initiales. Il ne peut donc exister aucun doute au sujet de l'électrode oxygène.

Dans un autre essai sur le même couple, on reliait hermétiquement la branche du tube en U à une burette et une provision d'oxygène. L'élément était ensuite fermé à travers un voltamètre cuivre et l'on mesurait le courant et la consommation de gaz. Cette dernière attei-

gnait 5 cm³ en 8 minutes au début de l'essai, mais se ralentissait vers la fin et n'était plus que de 5 cm³ en 12,4 minutes. Après passage de 880,6 coulombs (0,101 ampère pendant 154 minutes), correspondant à une consommation théorique de 51,1 cm³ d'oxygène, on mesurait

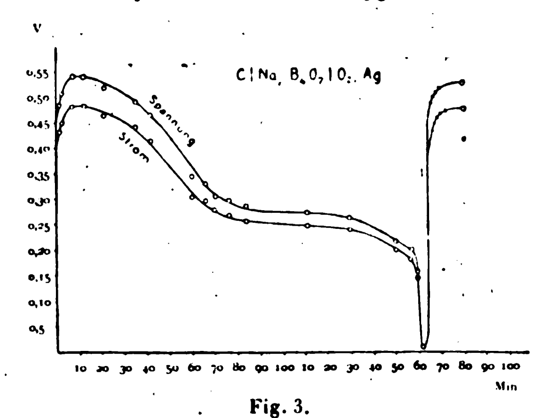


Fig. 3.

une consommation réelle de 60,8 cm³ d'oxygène. L'accord est satisfaisant, puisque 84,1 pour 100 de l'oxygène ont été utilisés électriquement. Il faut considérer en effet qu'une petite quantité d'oxygène est perdue par oxydation du fil de nichel (les 9,7 cm³ qui manquent correspondent à 0,03 g de nickel). Quant au charbon, il s'oxyde bien pendant que l'élément débite, puisqu'on voit alors des bulles d'oxyde de carbone qui viennent brûler à la surface de l'électrolyte.

Couples charbon-oxygène. — Comme le montrent les figures 4 et 5, la tension varie avec la surface de l'élec-

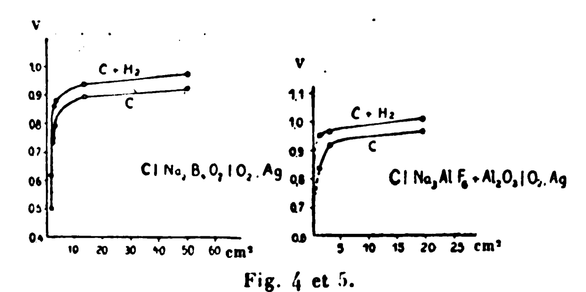


Fig. 4 et 5.

trode charbon. En outre, si l'électrode charbon est maintenue dans une atmosphère d'hydrogène ($C + H^2$), la tension est un peu plus élevée que lorsqu'elle est seule (C). La figure 4 se rapporte au couple

$$C | Na^2B^4O^7 | O^2Ag,$$

et la figure 5 au couple

$$C | Na^3AlF^6 + Al^2O^3 | O^2Ag.$$

Un élément avec silicate de potassium et de sodium et fluorure de potassium donnait comme plus hautes tensions 1,11 et 1,24 volt respectivement sans et avec hydrogène. Pour ce dernier élément, la figure 6 montre la variation de la tension en fonction du temps

En fermant les éléments sur des résistances variables, on déterminait la variation de la tension aux bornes en fonction de l'intensité du courant. C'est ainsi qu'on obte-

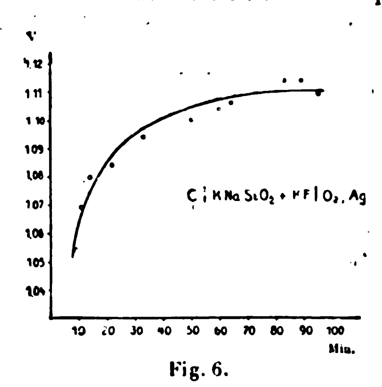


Fig. 6.

nait les résultats exprimés dans ces figures 7, 8 et 9 en utilisant respectivement comme électrolytes $Na^2B^4O^7$ (*fig.* 7) $KNaCO^3$ (*fig.* 8) et $Na^3AlF^6 + Al^2O^3$ (*fig.* 9).

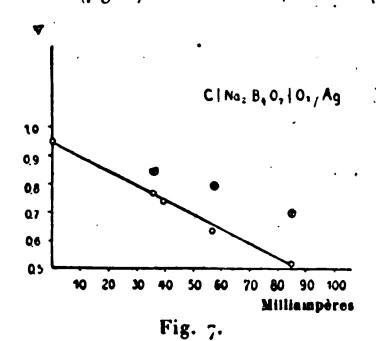


Fig. 7.

Pour le premier de ces éléments, la mesure de la résistance intérieure, d'après la méthode de Kohlrausch, indiquait 2 à 2,3 ohms. On calculait d'après cela la valeur de la force électromotrice dont on voit différents points (cercles avec croix) sur la figure 7. On détermine ainsi la polarisation

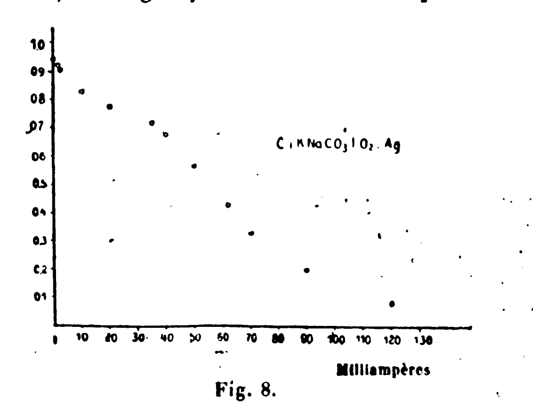


Fig. 8.

pendant le débit. Pour le deuxième élément, la résistance intérieure était d'environ 1 ohm; elle était plus faible encore dans le troisième élément. Dans ce dernier, la surface de l'électrode, constituée par un faisceau de baguettes de charbon, était 19 cm². On voit que l'intensité


2...

peut atteindre des valeurs très élevées (*fig.* 9). Pour une intensité de 0,1 ampère, la force électromotrice est sensiblement 0,8 volt. La polarisation est donc de 20 pour 100

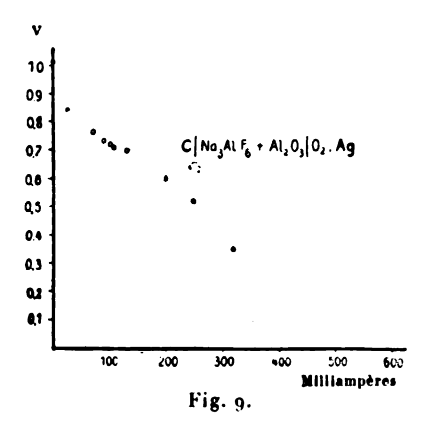


Fig. 9.

pour une densité de courant de 500 ampères par mètre carré de surface de charbon.

Dans les expériences (*fig.* 4 à 9), la pression était d'environ 720 mm. La surface de l'électrode oxygène-argent en contact avec l'électrolyte était de 2 cm².

Couples à gaz tonnant. — Dans les essais sur les gaz combustibles, l'électrode oxygène était alimentée avec de l'air. On prenait en général le borax comme électrolyte. La figure 10 montre comment varie la tension en fonction

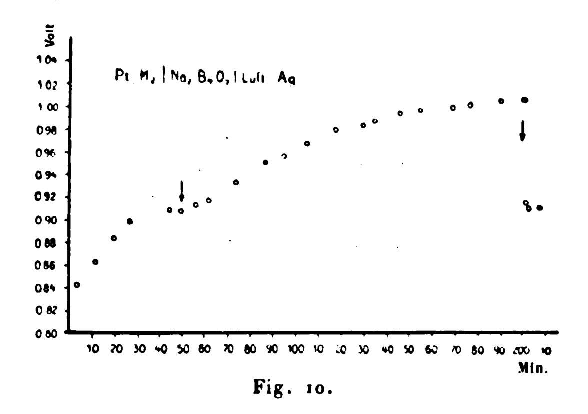


Fig. 10.

du temps en minutes lorsqu'on prend l'électrode tube en platine, ouverte à la partie inférieure et précédemment décrite. L'hydrogène fourni par une bombe renfermait 0,4 pour 100 d'oxygène, de sorte que la tension de vapeur d'eau à l'électrode atteignait 0,008 atm. Jusqu'à la 50e minute, l'hydrogène traversait un flacon laveur rempli d'eau à 20°, de sorte que la tension de vapeur d'eau à l'électrode était de 0,035 atm. De la 50e à la 200e minute, l'hydrogène était envoyé sec; puis à partir de la 200e minute on le rendait humide comme au début. Ainsi qu'on le voit, l'électrode réagit sur la vapeur d'eau.

D'autres essais furent effectués en remplaçant le tube ouvert de platine par des tubes en cuivre et en fer fermés à la partie inférieure. Avant d'agir électriquement, l'hydrogène devait d'abord diffuser à travers la membrane métallique. Avec de telles électrodes, la teneur de l'hydrogène en vapeur d'eau ne joue aucun rôle, car la tension de vapeur d'eau qui influence la force électromotrice est celle qui règne au-dessus de l'électrolyte. On faisait également usage de l'électrode nickel en forme de fil enroulé en spirale et qui a été décrite plus haut.

On ne trouvait pas non plus ici d'influence de la teneur en vapeur d'eau, sans doute par suite de ce fait qu'il y avait toujours une assez grande quantité d'oxyde de nickel et que la réduction de celui-ci donnait autour de l'électrode une certaine tension de vapeur d'eau, même lorsqu'on employait l'hydrogène sec.

Les tensions mesurées étaient les suivantes, à la température de 1000° C. :

Électrode.	Force électromotrice, en volt, du couple $H^2 \mid Na^2B^4O^7 \mid$ Air, Ag.
Cu	0,84
Fe	1,007
Ni	0,93

Un autre couple Fe, $H^2 \mid K^2SiO^3 + KF \mid$ Air, Ag donnait une force électromotrice de 0,93 volt.

Le cuivre donne une valeur trop faible parce que la diffusion de l'hydrogène à travers le cuivre n'est pas suffisante. A la paroi extérieure, le cuivre s'oxyde très rapidement, l'oxyde se dissout dans le borax et est réduit à nouveau par l'hydrogène, ce qu'on peut constater par les paillettes de cuivre et d'oxydule de cuivre qui flottent dans le borax. Cette action provoque une polarisation plus ou moins forte de l'électrode cuivre-hydrogène.

Le fer et le nickel se comportent beaucoup mieux, parce que, à 1000°, l'hydrogène diffuse très rapidement. Comme leur potentiel n'est inférieur que de quelques centièmes de volt à celui de l'hydrogène, ils peuvent être utilisés dans les piles.

La figure 11 se rapporte à des essais effectués à l'aide

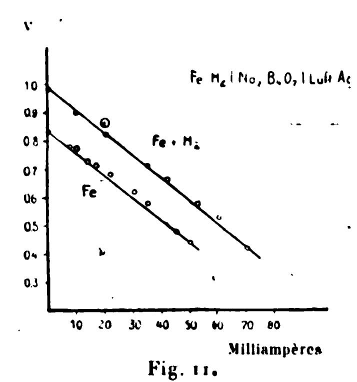


Fig. 11.

d'une électrode fer constituée par un tube fermé en bas, ayant 5 mm de diamètre et 0,5 mm d'épaisseur, plongeant de 1 cm dans le borax. La surface active était ainsi de 1,8 cm².

Dans les essais de la figure 12 l'électrode nickel en fil enroulé en spirale plongeait de 6 mm dans l'électrolyte, ce qui représente une surface active de 3,5 cm². La résistance intérieure de ces deux couples était d'environ 2 ohms.

Dans les deux figures 11 et 12 on a tracé, au-dessous de

la courbe de tension de l'électrode hydrogène celle que donnent les mêmes éléments en remplaçant le courant d'hydrogène par un courant d'azote. Les métaux eux-mêmes entrent électrolytiquement en solution dans ce dernier cas.

Les figures 11 et 12 portent quelques points (croix entourée d'un cercle) relatifs à la valeur de la force électromotrice. Pour une tension de 0,8 volt, l'intensité est de

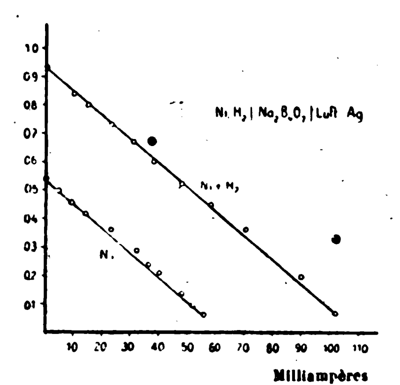


Fig. 12.

30 milliampères (*fig.* 11) et 20 milliampères (*fig.* 12). Par conséquent, pour une polarisation de 20 pour 100 l'électrode fer-hydrogène peut donner 160 ampères par mètre carré et l'électrode nickel-hydrogène, 60 ampères par mètre carré.

Cependant, d'après les auteurs, une meilleure disposition de l'électrode nickel permettrait d'obtenir des résultats supérieurs à ceux de l'électrode fer. D'après la vitesse de diffusion de l'hydrogène, en effet, la limite de densité de courant possible serait 120 ampères par mètre carré pour le fer et 270 ampères par mètre carré pour le nickel.

Couples à oxyde de carbone. — Les essais avec l'oxyde de carbone furent exécutés en présence d'électrodes en platine, cuivre et nickel, quoiqu'il ne soit pas démontré que ces métaux dissolvent l'oxyde de carbone.

L'oxyde de carbone utilisé renfermait 0,6 pour 100 de CO^2, 4,4 pour 100 de O^2, 15 pour 100 de Az^2 et 80 pour 100 de CO, de sorte qu'après combustion de l'oxygène à l'électrode, la tension partielle des gaz était 0,1 atm pour CO^2 et 0,75 atm pour CO.

Avec des électrodes en forme de fil enroulé en spirale, on a obtenu les potentiels suivants, à la température 1000° C. pour le couple

$$CO \mid Na^2B^4O^7 \mid Air, Ag:$$

Électrode.	Force électromotrice en volt.
Pt	0,61
Pt	0,67 (avec $Al^2O^3 + Na^3AlF^6$ comme électrolyte).
Cu	0,65
Ni	0,80

Ces forces électromotrices sont insuffisantes. Même avec le nickel on a 0,2 volt de moins que ce qu'indique le calcul.

Les courbes des figures 13 et 14 montrent la variation de la tension en fonction de l'intensité de courant, respectivement pour l'électrode en cuivre et pour celle en nickel. Les deux points (croix dans un cercle) donnent la force électromotrice du couple polarisé en comptant 2 ohms

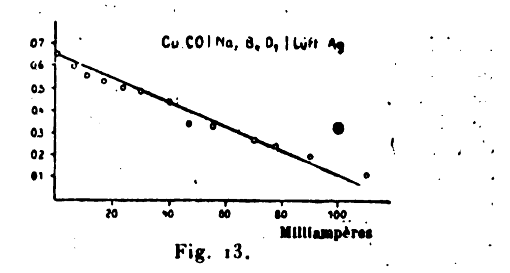


Fig. 13.

pour la résistance intérieure. On voit que l'allure de ces courbes est la même que pour l'hydrogène.

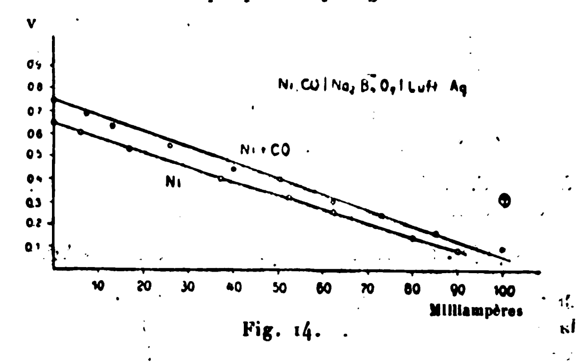


Fig. 14.

Essais en grand sur les piles charbon-oxygène. — Afin de réaliser sur une plus grande échelle la pile charbon-oxygène, les auteurs se servirent du dispositif représenté en figure 15. L'appareil, qui était placé dans un four à

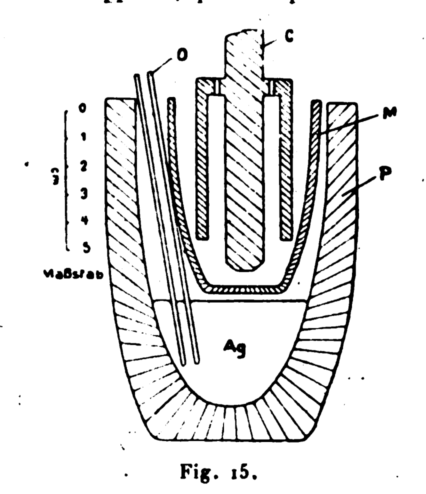


Fig. 15.

résistance, comprenait un creuset épais en porcelaine P ayant 9 cm de diamètre extérieur. Ce creuset renfermait 800 g d'argent (Ag) au-dessus duquel était le sel fondu avec les électrodes de charbon (C) en baguettes ou en tubes. M représente un creuset en magnésie. Dans l'argent plongeait un tube en porcelaine O amenant l'oxygène. Par un deuxième tube était amené un fil épais de nickel qui n'était pas en contact avec l'électrolyte.

Dans un premier essai, on utilisait le couple

$$C \mid Na^2B^4O^7 \mid O^2Ag.$$

La résistance intérieure de l'élément était $W_i = 0,5$ ohm (dont environ 0,28 ohm pour le tube de charbon et le fil de nickel). L'électrode charbon était un tube de 5 cm de diamètre extérieur et 1,5 cm de diamètre intérieur. Comme il plongeait de 5 cm dans l'électrolyte, la surface utile était d'environ 100 cm². Les résultats obtenus ont été les suivants :

Tension aux bornes E en volt.	Intensité I en ampère.	$W_a = \frac{E}{I}$ en ohms.	Force électromotrice en volt $= I(W_i + W_a)$.
1,002	0,0	∞	1,002
0,956	0,082	11,66	0,99
0,919	0,148	6,21	0,99
0,883	0,168	5,26	0,92
0,824	0,250	3,30	0,95
0,76	0,340	2,22	0,93
0,65	0,520	1,25	0,91
0,30	1,200	0,25	0,90

Dans un deuxième essai, le même couple fonctionnant à 1100° C. débitait 0,463 ampère pendant 79 minutes.

Un troisième essai était effectué avec le couple

$$C \mid 14 \text{ p. } 100\ Al^2O^3 + 86 \text{ p. } 100\ Na^3AlF^6 \mid O^2Ag,$$

la surface utile de l'électrode charbon étant 100 cm² et la température 1000°. L'élément débitait 0,85 ampère pendant 48 minutes. Sa résistance intérieure était $W_i = 0,29$ ohm (dont 0,2 ohm pour l'électrolyte). Les résultats obtenus étaient les suivants :

Tension aux bornes E en volt.	Intensité I en ampère.	$W_a = \frac{E}{I}$ en ohms.	Force électromotrice en volt $= I(W_i + W_a)$.
0,73	0,0	∞	0,73
0,70	0,113	6,2	0,72
0,69	0,140	4,9	0,73
0,68	0,170	4,0	0,73
0,66	0,230	2,9	0,74
0,63	0,343	1,8	0,73
0,52	0,750	0,7	0,74

Dans un quatrième essai, on étudiait la pile

$$C \mid Na^2CO^3 \mid O^2, Ag.$$

La surface de l'électrode charbon était 100 cm². L'élément débitait pendant 42 minutes à une intensité moyenne de 1,3 ampère. Sa résistance intérieure était 0,165 ohm. Le tableau suivant montre les résultats obtenus :

Tension aux bornes E en volt.	Intensité I en ampère.	$W_a = \frac{E}{I}$ en ohms.	Force électromotrice en volt $= I(W_i + W_a)$.
0,92	0,0	∞	0,92
0,89	0,084	10,56	0,89
0,88	0,150	5,87	0,90
0,86	0,190	4,50	0,89
0,85	0,235	3,60	0,88
0,84	0,340	2,47	0,90
0,78	0,500	1,56	0,86
0,62	1,350	0,46	0,84

En remplaçant dans ce dernier élément l'électrolyte par un mélange de 90 pour 100 de K^2SiO^3 + 10 pour 100 de KF on obtenait une force électromotrice de 0,8 volt.

La cause de ces forces électromotrices peu élevées provient de ce fait que, pendant le fonctionnement, des particules de charbon se détachent de l'électrode et viennent tomber sur la surface de l'argent fondu. Elles y brûlent vivement en faisant mousser l'électrolyte et en polarisant l'électrode oxygène.

C'est pour cette raison que, dans un cinquième essai, on a employé un diaphragme constitué par un creuset de magnésie représenté en M dans la figure 15. Ce diaphragme ne s'attaque pas en présence du métasilicate de potassium. La résistance intérieure n'est pas sensiblement augmentée par ce diaphragme poreux. Dans le couple

$$C \mid 90 \text{ pour } 100\ K^2SiO^3 + 10 \text{ pour } 100\ KF \mid O^2, Ag$$

essayé ici on avait 840 g d'argent dont la surface était de 24 cm²; le poids de l'électrolyte était 220 g, la surface de l'électrode charbon, 110 cm². Pendant 310 minutes, on débitait en moyenne 1,2 ampère, ce qui correspond à 117 ampères par mètre carré de charbon. On faisait arriver 4 litres d'oxygène dont 1288 cm³ étaient utilisés électrolytiquement. La température était de 990° à 1020° et la résistance intérieure 0,46 ohm. Le tableau suivant exprime les résultats obtenus :

Tension aux bornes E en volt.	Intensité I en ampère.	$W_a = \frac{E}{I}$ en ohms.	Force électromotrice en volt $= I(W_i + W_a)$
1,00	0,0	∞	1,00
0,98	0,04	24,50	1,00
0,96	0,09	10,67	1,00
0,94	0,11	8,55	0,99
0,90	0,20	4,50	1,00
0,83	0,34	2,45	0,99
0,74	0,53	1,41	0,98
0,58	0,90	0,64	0,99
0,56	0,98	0,57	1,01
0,54	1,00	0,54	1,00
0,46	1,32	0,35	1,07

Des trous perforés dans le couvercle en forme de cloche qui recouvrait l'électrode, on voyait s'échapper, pendant l'essai, l'oxyde de carbone qui produisait de petites flammes.

Cette expérience montre qu'on peut construire un élément au charbon qui possède la tension théorique et qui ne présente aucune polarisation, même en employant de très fortes densités de courant.

Calcul des forces électromotrices. — Pour calculer la force électromotrice, les auteurs prennent comme point de départ la dissociation de l'anhydride carbonique et l'équilibre des gaz à 1000° C. Pour la première, ils prennent 0,003 pour 100 à 1000° et à la pression atmosphérique. L'énergie libre du gaz tonnant à oxyde de carbone est alors

$$A_1 = 79700 + 5819 \log \frac{(P_{CO})^2 P_{O^2}}{(P_{CO^2})^2} \text{ cal.}$$

Pour l'équilibre des gaz à 1000°, en prenant le chiffre 0,8 pour 100 de CO^2 trouvé par Rhead et Wheeler, l'énergie libre de réaction des gaz est

$$A_2 = 12163 + 5819 \log \frac{P_{CO^2}}{(P_{CO})^2} \text{ cal}$$

La somme des deux expressions donne l'énergie de combustion du charbon en acide carbonique, soit

$$A_3 = 91\,863 + 5819 \log \frac{P_{O^2}}{P_{CO^2}} \text{ cal.}$$

Si l'équilibre des gaz règne à l'électrode, les gaz dégagés renferment 99,2 pour 100 de CO et 0,8 pour 100 de CO^2. Il vient alors

$$A_3 = 91\,863 + 5819 \log \frac{1}{0,008} = 104\,066 \text{ cal.}$$

La force électromotrice correspondante est de 0,997 volt pour 91 863 cal et 1,129 volt pour 104 066 cal.

Or les essais effectués précédemment ont donné les forces électromotrices suivantes :

Électrolyte.	Force électromotrice en volt. C.	C + H.
Borax	0,92	0,97
Cryolithe et Al^2O^3	0,956	1,012
$KNaSiO^3 + KF$	1,11	1,239
Borax, grande électrode	1,00	—
$K^2SiO^3 + KF$, grande électrode et diaphragme	1,00	—

La petite augmentation qu'on remarque dans l'atmosphère d'hydrogène provient d'une diminution de la concentration de CO^2 à l'électrode. Avec le mélange des silicates, on trouve une valeur plus élevée que la valeur théorique, en présence de l'hydrogène. C'est qu'alors le courant d'hydrogène abaisse la tension partielle de CO et CO^2 au-dessous de la valeur prise dans le calcul.

Le calcul de l'énergie libre de l'oxyde de carbone donne

$$A_1 = 79\,700 + 5819 . 2,051 = 91\,610 \text{ cal} = 0,994 \text{ volt},$$

en prenant pour tensions partielles $P_{CO} = 0,75$, $P_{O^2} = 0,2$ et $P_{CO^2} = 0,1$ atm.

La valeur la plus élevée obtenue a été 0,8 volt avec l'électrode nickel. En fait, il n'y a encore aucune bonne électrode pour l'oxyde de carbone.

L'énergie libre de la chaîne au gaz tonnant est

$$A_{H^2O} = 83\,240 + 5943 \log \frac{(P_{H^2})^2 P_{O^2}}{(P_{H^2O})^2},$$

en comptant 0,0027 pour 100 pour la dissociation à 1027° C. (d'après Langmuir).

En employant l'hydrogène sec, on a $P_{H^2} = 1,0$, $P_{O^2} = 0,2$, $P_{H^2O} = 0.008$ atm, tandis qu'avec l'hydrogène humide, on a $P_{H^2} = 1,0$, $P_{O^2} = 0,2$ et $P_{H^2O} = 0,035$ atm.

Dans le premier cas, l'énergie libre est 104 000 cal, soit 1,128 volt, et dans le deuxième, 96 390 cal, soit 1,046 volt.

Les valeurs trouvées ont été :

Électrode.	Force électromotrice en volt. $P_{H^2O} = 0,008$.	$P_{H^2O} = 0,035$.
Pt	1,004	0,91
Fe	1,007	—
Ni	0,93	—

Avec les électrodes fer et nickel, la teneur réelle en vapeur d'eau n'est pas exactement déterminée.

On voit que la force électromotrice de la chaîne à gaz tonnant est sensiblement la même que celle donnée par le charbon. L. J.

Électrode pour accumulateur (1).

Pour préparer la plaque positive, on tartine un grillage en plomb antimonié à l'aide d'un mélange de minium, de litharge, d'acide sulfurique et d'une petite quantité d'une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène. On laisse sécher complètement, puis on rabote les surfaces de la matière active, au moyen d'un outil tranchant, en vue d'ouvrir les pores de la surface. On plonge alors l'électrode dans une solution aqueuse d'acide sulfurique contenant un peu de peroxyde, et on laisse à nouveau sécher, de manière que la pâte gonfle complètement et vienne en contact intime avec le grillage. Le peroxyde d'hydrogène, ajouté aux solutions d'acide sulfurique, tend à réduire le peroxyde de plomb produit par l'action de l'acide sulfurique sur le minium, amenant ainsi la totalité de la matière active à un état dans lequel elle peut se combiner entièrement avec l'acide sulfurique, s'étendre, devenir poreuse et se fixer.

Le grillage tartiné est chargé comme anode dans une solution d'acide sulfurique, déchargé, enlevé de la solution et séché. On augmente de ce fait la conductibilité des particules d'oxyde qu'on amène en contact électrique intime entre elles et avec le grillage.

La matière active est alors imprégnée de celluloïd en submergeant l'électrode dans du celluloïd dissous dans l'acétone ou dans l'acétate d'amyle. Quand tous les pores sont bien remplis et qu'il ne se dégage plus de bulles d'air, on vide rapidement le récipient renfermant la solution et on le remplit d'acétone pure ou d'acétate d'amyle qu'on laisse agir pendant 1 ou 2 minutes sur l'électrode de façon à dissoudre tout excès de celluloïd adhérent aux surfaces extérieures.

L'électrode retirée et séchée est enfin soumise à la formation. Au lieu de la solution de celluloïd, on peut faire usage d'une solution de caoutchouc dans du bisulfure de carbone par exemple. En dissolvant en outre une petite quantité de soufre dans ce liquide, puis en chauffant l'électrode à 140° C., on peut vulcaniser le caoutchouc à l'intérieur de la plaque. Cette vulcanisation peut aussi être faite à froid en plongeant l'électrode contenant le caoutchouc dans une solution de chlorure de soufre dans le bisulfure de carbone.

Les électrodes ainsi fabriquées auraient une longue durée. Celle-ci serait encore augmentée en répétant plusieurs fois le traitement décrit.

T. P.

(1) William Morrison, Brevet français 436 233 du 24 octobre 1911.

MESURES ET ESSAIS.

MESURES MÉCANIQUES.

Sur un appareil pour la mesure de l'irrégularité des groupes électrogènes à courant alternatif (¹).

L'appareil que j'ai l'honneur de vous présenter ce soir a été réalisé il y a 6 ou 7 ans; je l'ai montré à cette époque à quelques-uns de nos collègues et je l'ai envoyé à l'Exposition de Marseille, sous le nom de *galvanoscilla*. Mais l'attention des électriciens étant portée depuis quelques années sur les turbo-alternateurs, qui n'ont pas d'irrégularité dans le tour, j'étais peu pressé de le sortir du laboratoire, et je ne m'y suis décidé qu'à l'instigation de quelques personnes et en considération de ce que les moteurs à pistons (huile lourde, gaz pauvre, etc.) n'ont pas encore dit leur dernier mot.

Cette réalisation est une conséquence des travaux que nous avons entrepris ensemble, il y a 10 ans, sur le couplage des alternateurs en parallèle. Je rappelle que nous avons défini l'irrégularité dans le tour ε par la relation

$$\varepsilon = \frac{\Omega_{max.} - \Omega_{min.}}{2\Omega_{moy.}},$$

dans laquelle

$\Omega_{max.}$ est la vitesse angulaire instantanée maxima;
$\Omega_{min.}$ est la vitesse angulaire instantanée minima;
$\Omega_{moy.}$ est la vitesse angulaire moyenne.

Autrement dit, l'irrégularité est le rapport entre l'écart en plus ou en moins de la vitesse moyenne et cette vitesse moyenne, sensiblement.

Les méthodes généralement proposées, et quelquefois employées, pour la mesure de l'irrégularité, sont trop peu sensibles pour l'étude des groupes électrogènes modernes; elles donnent déjà des erreurs importantes pour des irrégularités de l'ordre du $\frac{1}{100}$, elles ne donnent plus rien pour celles de l'ordre de $\frac{1}{500}$.

De plus, elles exigent l'adjonction, sur le moteur thermique, de dispositifs mécaniques plus ou moins compliqués qu'il faut installer chaque fois qu'on veut faire une mesure, parce qu'on ne peut les laisser en permanence.

Je me suis demandé s'il ne serait pas possible de faire la mesure plus simplement sur du courant pris au groupe électrogène, au moyen d'un appareil qu'on brancherait comme un voltmètre, et dans des conditions de sensibilité satisfaisantes : le résultat a dépassé mes espérances.

L'appareil n'est rien de plus qu'un galvanomètre dont la période propre d'oscillation est voisine de celle du courant alternatif produit par le groupe électrogène à étudier, et peut être variée à volonté de quelques centièmes, en plus ou en moins, par une opération quelconque.

Dans le cas présent, il est constitué par un enroulement plat A (*fig.* 1) fixé sur une lame élastique B et placé dans un champ magnétique normal à son plan, champ obtenu soit par un aimant, soit par un électro-aimant, et dont la

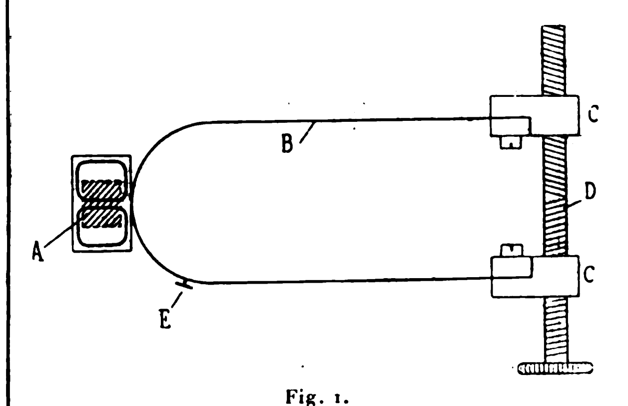
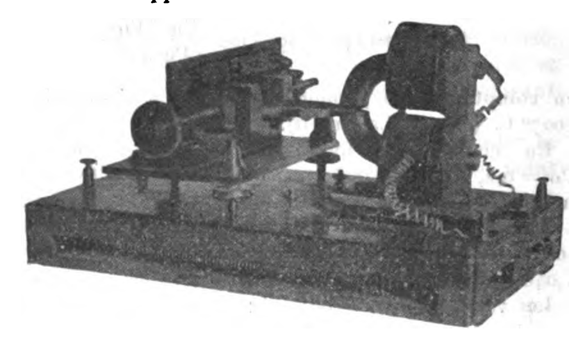


Fig. 1.

trace sur le plan de figure est représentée par la petite surface rectangulaire hachurée; l'enroulement A est branché sur le groupe électrogène avec intercalation d'une grande résistance; le courant absorbé est de l'ordre du dixième d'ampère. La lame élastique B, qui porte l'enroulement en son milieu, est recourbée en forme d'U et les deux branches sont encastrées dans deux masses CC taraudées, dont on peut faire varier l'écartement au moyen d'une vis à pas inverses D, ce qui fait varier la période propre d'oscillation dans les limites désirées. Une lampe à incandescence, dont une partie du filament sert de source lumineuse, un miroir concave E, une échelle transparente ordinaire complètent l'installation. La figure 2 donne une vue de l'appareil.


Fig. 2.

Il est évident que toute autre forme de galvanomètre vibrant peut être utilisée.

Pendant un tour du groupe électrogène, la fréquence varie entre les limites

$$F(1+\varepsilon)$$

(¹) Communication faite à la séance du 6 novembre 1912 de la Société internationale des Électriciens.



et

$$F(1 - \varepsilon).$$

On démontre alors ceci (*voir* annexe) que l'expérience confirme :

Si l'on ajuste la fréquence propre du galvanomètre F_p pour qu'on ait

$$F_p = F,$$

l'image du spot étalée sur l'échelle a une longueur constante; elle est, par exemple, a pour une résistance R du circuit du cadre. Mais si l'on ajuste cette fréquence propre pour qu'on ait

$$F_p = F\left(1 + \frac{1}{p}\right),$$

ou

$$F_p = F\left(1 - \frac{1}{p}\right),$$

où p est le nombre de paires de pôles de l'alternateur, l'image varie périodiquement de longueur avec une fréquence $\frac{F}{p}$, elle *pompe;* ses valeurs extrêmes pendant les pompage sont, par exemple, b et c pour une résistance R_1 du circuit du cadre. Si l'on conservait la même résistance R que dans l'expérience en résonance complète, les valeurs de b et c seraient trop petites; il convient de diminuer cette résistance de manière à avoir le même ordre de grandeur pour b et c et pour a; ceci à deux points de vue : pour lire plus facilement la différence $(b - c)$ et pour avoir sensiblement le même amortissement dans les deux mesures, ce qui est une condition *sine qua non* de l'exactitude du résultat. Pratiquement, R_1 doit être cinq à dix fois plus petit que R.

L'irrégularité est alors donnée par la formule

$$\varepsilon = \frac{b - c}{a} \frac{R_1}{R} \frac{1}{p}.$$

On procède ainsi expérimentalement : pour obtenir a, on agit sur la vis de correction en recherchant le maximum d'étalement de l'image du spot; pour obtenir $(b - c)$, on agit sur la vis en recherchant, pour une résistance donnée, le maximum de pompage de l'image. On démontre en effet que, quand la condition

$$F_p = F\left(1 \pm \frac{1}{p}\right)$$

est satisfaite, la différence $(b - c)$ est maxima. Ce n'est pas aussi facile à faire que de lire au voltmètre, mais ce n'est pas très difficile.

Deux particularités curieuses sont à noter qui constituent des avantages évidents pour la méthode :

1° Il n'y a pas à faire d'étalonnage de l'appareil, ou plus exactement, la première expérience constitue en quelque sorte l'étalonnage, et la seconde la mesure; mais il est superflu de connaître la masse, l'élasticité ou l'amortissement du système. Il n'en serait pas du tout de même si l'on se proposait d'obtenir, avec le même appareil, la mesure d'une augmentation ou diminution de fréquence apériodique; c'est grâce à la périodicité du phénomène, à la variation périodique de fréquence, qu'on peut se dispenser de connaître ces éléments constitutifs du système;

2° La sensibilité est très grande parce que le rapport $\frac{b - c}{a}$ qu'on relève expérimentalement résulte de l'irrégularité multipliée par le coefficient

$$p \frac{R}{R_1},$$

lequel vaut plusieurs centaines d'unités, puisque p est compris entre 15 et 50 et $\frac{R}{R_1}$ est de l'ordre de 5 à 10.

Le rapport $\frac{R_1}{R}$ résulte de la construction de l'appareil, ou, plus exactement, de l'amortissement y introduit.

Dans l'appareil qui est ici, j'avais d'abord un amortissement trop faible, c'est-à-dire une trop grande sensibilité pour les irrégularités les plus courantes, et j'ai dû la réduire en collant l'enroulement sur une feuille de clinquant de cuivre; le rapport $\frac{R}{R_1}$ est maintenant de 4 à 6. Avec ce petit alternateur à 36 pôles une irrégularité de $\frac{1}{1000}$ donne un rapport $\frac{b - c}{a}$ d'environ $\frac{1}{10}$. Il permet de déceler aisément une irrégularité de $\frac{1}{10000}$. Je suis convaincu qu'avec des dispositions spéciales (sans amortissement autre que celui de la lame, dans le vide, car la résistance de l'air a une influence très grande) on peut arriver à déceler, je ne dis pas mesurer, une irrégularité de $\frac{1}{100000}$.

Plus généralement, la méthode permet de décomposer la vitesse en série de Fourier. Si celle-ci est de la forme

$$\Omega[1 + \Sigma \varepsilon_n \sin(n\Omega t + \psi_n)].$$

une première mesure dans laquelle on fera $F_p = F$ donnera une image de longueur a, avec une résistance R dans le cadre; on fera ensuite $F_p = F\left(1 \pm \frac{1}{p}\right)$ qui donnera un pompage $(b_1 - c_1)$, de fréquence $\frac{F}{p}$ avec une résistance R_1, puis on fera $F_p = F\left(1 \pm \frac{2}{p}\right)$ qui donnera un pompage $(b_2 - c_2)$ de fréquence $\frac{2F}{p}$, avec une résistance R_2; etc. Et les diverses composantes de la série seront données par

$$\varepsilon_1 = \frac{b_1 - c_1}{a} \frac{R_1}{R} \frac{1}{p},$$

$$\varepsilon_2 = \frac{b_2 - c_2}{a} \frac{R_2}{R} \frac{2}{p},$$

....

Mais, comme vous savez, en dehors du premier terme il n'y a guère que le deuxième qui ait quelque importance. C'est ce que j'ai vérifié sur les anciens groupes à vapeur à pistons du secteur de la Rive gauche : le troisième terme n'était plus visible. En fait, pratiquement, c'est le premier terme seul qu'il est intéressant de connaître parce qu'il est seul dangereux.

Évidemment, la méthode peut être étendue. Au lieu de faire osciller un système mécanique, on peut opérer sur un courant alternatif tiré du groupe électrogène et faire des relevés oscillographiques en résonance complète et au voisinage. Plus généralement, la méthode est applicable à tout phénomène physique dans lequel une fréquence varie périodiquement.

J'ai, au moment où il a été réalisé, fait sur cet appareil des vérifications au moyen d'irrégularités connues de valeurs des plus courantes. Le dispositif employé était le suivant : Le petit alternateur à 36 pôles était conduit par un petit moteur à courant continu alimenté avec une grande résistance en série, sous une tension bien plus grande que sa force électromotrice; de cette manière, le couple moteur était sensiblement constant et l'irrégularité était obtenue au moyen d'un couple supplémentaire dû à la pesanteur (poids connu fixé sur un bras de levier connu tournant avec l'alternateur). Pour éliminer le balourd propre au groupe, ainsi que l'influence possible d'un couple *magnétique* dû à des défauts de centrage du stator et du rotor, on faisait une série de mesures sans couple supplémentaire et avec couple supplémentaire placé en diverses positions, détails sur lesquels je ne puis insister. Calculs et expériences ont coïncidé à 10 pour 100 près, ce qui est satisfaisant, eu égard aux influences que je viens de signaler à l'incertitude du calcul du moment d'inertie. En comparaison de ce que donnent les méthodes mécaniques, c'est excellent.

Le secteur de la Rive gauche distribuant maintenant du courant produit par des turbo-alternateurs, nous ne pourrons pas l'utiliser, et c'est au moyen du petit groupe à 36 pôles dont je viens de parler que je vous montrerai, en formant le spot sur l'écran de projections, comment se présentent les images lors d'une détermination. (Expériences.)

Je ne crois pas inutile de faire remarquer, pour terminer, que l'appareil peut servir non seulement à déterminer l'irrégularité d'un groupe électrogène qu'on vient d'installer, mais encore à contrôler périodiquement les irrégularités des divers groupes électrogènes d'une station centrale, de manière à s'assurer qu'elles ne changent pas avec le temps. Ainsi envisagé, il devient un auxiliaire de l'indicateur de Watt, permettant de voir, bien plus rapidement que celui-ci, si les organes de distribution des moteurs thermiques sont convenablement réglés. Le contrôle fréquent de l'irrégularité d'un groupe électrogène peut être une garantie de son bon fonctionnement.

ANNEXE. — Supposons que la vitesse angulaire de l'alternateur ne contienne que le premier terme de la série de Fourier, et soit

$$\Omega(1 + \varepsilon \sin \Omega t)$$

cette vitesse.

L'espace angulaire parcouru par un conducteur actif de l'alternateur est

$$\theta = \Omega t - \varepsilon \cos \Omega t.$$

Le champ de l'alternateur étant

$$\mathcal{H}_m \sin p\theta,$$

la force électromotrice est de la forme

$$E_m(1 + \varepsilon \sin \Omega t) \sin p(\Omega t - \varepsilon \cos \Omega t),$$

ou, comme ε est très petit, sensiblement

$$E_m \sin(\omega t - p\varepsilon \cos \Omega t).$$

Le courant dans le cadre est de même forme, ainsi que la force qu'exerce le champ magnétique du galvanomètre sur le cadre; nous l'écrirons

$$A \sin(\omega t - p\varepsilon \cos \Omega t)$$
$$= A \sin \omega t \cos[p\varepsilon \cos \Omega t] - A \cos \omega t \sin[p\varepsilon \cos \Omega t].$$

Il s'agit ici d'alternateurs volants dans lesquels p est compris entre 15 et 50. Comme ε doit être toujours inférieur à $\frac{1}{200}$, il s'ensuit que $p\varepsilon$ est toujours inférieur à 0,25. Il en résulte :

1° Que cos $[p\varepsilon \cos \Omega t]$ ne diffère jamais de l'unité de plus de 3 pour 100;

2° Que sin $[p\varepsilon \cos \Omega t]$ ne diffère jamais de $p\varepsilon \cos \Omega t$ de plus de 1 pour 100.

On peut donc exprimer plus simplement la force agissant sur le système élastique par

$$A \sin \omega t - A[p\varepsilon \cos \Omega t] \cos \omega t$$

ou encore

$$A \sin \omega t - A \frac{p\varepsilon}{2} \cos(\omega - \Omega) t - A \frac{p\varepsilon}{2} \cos(\omega + \Omega) t.$$

Autrement dit, cette force est équivalente à la somme de trois forces, de pulsations

$$\omega, \quad \omega - \Omega, \quad \omega + \Omega,$$

ou de fréquences

$$F, \quad F - \frac{F}{p}, \quad F + \frac{F}{p},$$

qui peuvent être considérées comme agissant séparément sur le système.

Soient, respectivement, μ, η, ρ l'inertie, l'élasticité et l'amortissement de ce système; le déplacement x du spot sur l'échelle sera donné à chaque instant par cette condition que l'expression

$$\mu \frac{d^2 x}{dt^2} + \rho \frac{dx}{dt} + \eta x$$

soit égale à la somme de ces trois forces.

Nous n'écrirons pas l'expression de x, dont nous pouvons nous passer, pour n'envisager que les trois amplitudes composantes correspondant aux trois fréquences:

1° Faisons $F_p = F$, c'est-à-dire $\eta = \mu\omega^2$.

L'amplitude due à la fréquence F pour laquelle nous avons résonance est simplement

$$\frac{A}{\rho\omega},$$

puisque l'inertie et l'élasticité s'annulent l'une par l'autre.

L'amplitude due à la fréquence $F\left(1 - \frac{1}{p}\right)$ a pour expression

$$\frac{1}{2} \frac{A p\varepsilon}{\sqrt{[\eta - \mu(\omega - \Omega)^2]^2 + \rho^2(\omega - \Omega)^2}};$$

et celle due à la fréquence $F\left(1+\frac{1}{p}\right)$

$$\frac{1}{2}\,\frac{Ap\varepsilon}{\sqrt{[\eta-\mu(\omega+\Omega)^2]^2+\rho^2(\omega+\Omega)^2}}.$$

Il est facile de voir que ces deux dernières sont négligeables devant la première; mais, pour cela, il faut avoir une idée des valeurs relatives de μ, η, et ρ pour une lame élastique.

On a déjà

$$\eta=\mu\omega^2.$$

L'étude des lames élastiques montre que, pour les fréquences de 40 à 50 p : s, on a pour ρ environ

$$\rho \leqq \frac{1}{100}\mu\omega,$$

d'où

$$\mu\omega^2 \geqq 100\rho\omega.$$

Comme Ω est de 15 à 50 fois plus petit que ω, on a sensiblement

$$\eta-\mu(\omega\pm\Omega)^2=\eta-\mu\omega^2\mp 2\mu\omega\Omega=\mp\frac{2\mu\omega^2}{p}>\frac{200\rho\omega}{p},$$

et, par conséquent, les amplitudes dues aux fréquences $F\left(1\pm\frac{1}{p}\right)$ sont au moins de 32 à 350 fois plus petites que celle due à la fréquence F.

L'amplitude observée est donc pratiquement constante et égale à $\frac{A}{\rho\omega}$.

Lorsque l'irrégularité est grande, on voit une petite oscillation des extrémités de l'image, mais cela n'est pas gênant et il est aisé de prendre sa longueur moyenne.

2° Faisons $F_p=F\left(1-\frac{1}{p}\right)$, c'est-à-dire $\eta=\mu(\omega-\Omega)^2$.

L'amplitude due à la fréquence F est

$$\frac{A}{\sqrt{[\eta-\mu\omega^2]^2+\rho^2\omega^2}};$$

celle due à la fréquence $F\left(1-\frac{1}{p}\right)$

$$\frac{1}{2}\,\frac{Ap\varepsilon}{\rho(\omega-\Omega)};$$

et celle due à la fréquence $F\left(1+\frac{1}{p}\right)$

$$\frac{1}{2}\,\frac{Ap\varepsilon}{\sqrt{[\eta-\mu(\omega+\Omega)^2]^2+\rho^2(\omega+\Omega)^2}}.$$

Par des considérations analogues à celles faites précédemment, il est aisé de voir que la troisième est tout à fait négligeable vis-à-vis des deux autres.

Mais les deux autres interfèrent : elles sont du même ordre de grandeur; d'où le pompage de l'image.

Posons plus généralement $\mu\omega^2=n\rho\omega$; n sera voisin de 200 si l'on n'ajoute aucun amortissement à celui propre à la lame élastique et pourra descendre à ce qu'on voudra en ajoutant de l'amortissement, par exemple en collant l'enroulement non pas sur une feuille de carton, mais sur une feuille de clinquant.

D'où,

$$\eta-\mu\omega^2=-\frac{2\mu\omega^2}{p}=-\frac{2n\rho\omega}{p}.$$

Comme $\frac{2n}{p}$ vaudra toujours plusieurs unités, on peut négliger le carré de $\rho\omega$ devant celui de $(\eta-\mu\omega^2)$ et la première amplitude peut s'écrire approximativement

$$\frac{Ap}{2n\rho\omega};$$

et la deuxième

$$\frac{Ap\varepsilon}{2\rho\omega}.$$

Par interférence, l'amplitude totale sera tantôt la somme

$$\frac{Ap}{2\rho\omega}\left(\frac{1}{n}+\varepsilon\right),$$

tantôt la différence

$$\frac{Ap}{2\rho\omega}\left(\frac{1}{n}-\varepsilon\right)$$

de ces deux amplitudes.

Ici, deux cas sont à distinguer suivant que la parenthèse de la dernière formule est positive ou négative. Sans amortissement supplémentaire on aura généralement $n=200$ environ, la parenthèse sera négative si l'irrégularité est plus grande que $\frac{1}{200}$; il convient donc de s'assurer de la valeur de cette différence ou du produit $n\varepsilon$.

Si la parenthèse est positive, ou $n\varepsilon<1$, le pompage aura pour valeur $\frac{Ap\varepsilon}{\rho\omega}$; il contient ε; si, au contraire, la parenthèse est négative, ou $n\varepsilon>1$, le pompage $\frac{Ap}{n\rho\omega}$ ne contient pas ε et ne permet pas de déterminer l'irrégularité.

3° Si l'on fait $F_p=F\left(1+\frac{1}{p}\right)$, il est évident qu'on arrivera à des résultats identiques, moyennant négligence des quantités d'importance secondaire et nous ne nous arrêterons pas plus à ce cas.

Revenons maintenant à la comparaison des résultats dans les trois cas considérés.

Pour $F_p=F$, on obtient une longueur de l'image proportionnelle à deux fois l'amplitude ou $\frac{2A}{\rho\omega}=a$.

Pour $F_p=F\left(1\pm\frac{1}{p}\right)$ on obtient un pompage de l'image proportionnel à

$$\frac{2Ap\varepsilon}{\rho\omega}=b-c.$$

(Un calcul trop long à reproduire ici montre que, pour ajuster la fréquence propre F_p, dans ce second cas, il suffit de chercher le maximum de pompage.)

Si l'on ne change pas la résistance du circuit du cadre

2.....

en passant d'une mesure à l'autre, le rapport de ces deux lectures est donc

$$p\varepsilon = \frac{b-c}{a}.$$

Mais, en opérant ainsi, il y a deux inconvénients : la deuxième image est petite par rapport à la première, ce qui rend difficile la lecture exacte, et l'amortissement peut être différent : pour une lame élastique le coefficient d'amortissement n'est pas indépendant de l'amplitude

La valeur moyenne de l'image dans la seconde lecture $\frac{b+c}{2}$ est en effet $\frac{Ap}{n\rho\omega}$; elle est $\frac{2p}{n}$ fois plus petite que la lecture a et il convient alors de réduire la résistance du circuit du cadre. Cette résistance est ainsi R pour la lecture a, R_1 pour la lecture $(b-c)$, en sorte que l'irrégularité ε est donnée par

$$\varepsilon = \frac{b-c}{a}\,\frac{R_1}{R}\,\frac{1}{p},$$

moyennant les réserves faites le long de ce calcul.

A titre de curiosité, il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que, dans l'expérience où l'on détermine $(b-c)$, on se trouve encore en présence d'un phénomène de résonance, mais d'une espèce plus complexe que la résonance ordinaire :

Lorsqu'un système n'est pas exactement en résonance ordinaire, c'est-à-dire lorsque la cause agissante a une fréquence F légèrement différente de la fréquence propre F_p du système, tout changement de régime est accompagné d'oscillations de l'amplitude du système, oscillations qui ont comme fréquence la différence $(F-F_p)$ entre la fréquence de la cause et la fréquence propre [1]. L'artifice employé dans l'appareil ci-dessus consiste à entretenir ces oscillations de l'amplitude au moyen des variations périodiques de la fréquence de la cause, variations de fréquence $\frac{F}{p}$, en réalisant l'égalité

$$F - F_p = \pm\frac{F}{p}.$$

P. BOUCHEROT.

MESURES ÉLECTRIQUES.

Emploi du condensateur à trois plateaux pour la détermination de la constante diélectrique des corps solides [2].

La détermination des constantes diélectriques des isoants employés en électrotechnique prend une importance de jour en jour plus considérable; une section spéciale du Physikalisch-technischen Reichsanstalt est chargée de ces mesures. On lui soumet les échantillons sous forme de disques à faces parallèles qui sont introduits entre les deux armatures d'un condensateur plan; si l'on représente : par e l'épaisseur du diélectrique et par a la distance des armatures; par K la constante diélectrique; par C la capacité du condensateur à lame diélectrique, et par C_0 cette capacité dans le cas de l'air, on a entre ces grandeurs la relation suivante

$$C = \frac{C_0 a}{a - e\left(1-\frac{1}{K}\right)};$$

d'où l'on tire

$$\frac{1}{K} = 1 - \frac{a}{e}\,\frac{C-C_0}{C} \ (^1).$$

Les auteurs font remarquer que l'application de cette dernière formule conduit à des résultats erronés et ils se proposent : 1° de montrer comment on doit corriger cette méthode pour qu'elle soit exacte; 2° de décrire la méthode du condensateur à trois plateaux dont ils ont calculé la capacité.

I. L'erreur principale provenant de l'emploi du condensateur à deux plateaux est due à ce fait qu'on calcule C_0 par la formule simplifiée

$$C_0 = \frac{S}{4\pi a}.$$

Or Kirchhoff a montré que, même dans le cas où le rayon des armatures est grand par rapport à leur distance, les perturbations des bords et les capacités partielles par rapport à la terre exigent une correction qui peut atteindre 10 pour 100 si $a = 1$ cm et $r = 10$ cm. Les auteurs estiment donc qu'il est déjà préférable de remplir tout l'espace compris entre les armatures avec le diélectrique, ce que l'on réalisera facilement en collant du papier d'étain sur chaque face du diélectrique, et ensuite de prendre pour C_0, non pas une valeur mesurée, mais la valeur calculée par la formule de Kirchhoff. Dans le cas d'armatures circulaires infiniment minces, de rayons R, et pour un écartement a on a :

$$(1)\qquad C_0 = \frac{R^2}{4a} + \frac{R}{4\pi}\left(\mathrm{Log}_n\frac{16\pi R}{a} + 1\right);$$

mais si les armatures ont une épaisseur finie e, la formule ci-dessus se modifie de la manière suivante [2] :

$$(2)\qquad C_0 = \frac{R^2}{4a} + \frac{R}{4\pi}\left[1 + \mathrm{Log}_n\frac{16\pi R(a+e)}{a^2} + \frac{e}{a}\mathrm{Log}_n\frac{a+e}{e}\right]$$

Dans la détermination du pouvoir inducteur, il faut bien s'imaginer que toutes les lignes de force ne traversent pas le diélectrique, celles par exemple qui, au lieu d'atteindre l'armature mise à la terre, vont tomber sur

(1) Voir *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, 2e série, t. IV, mai 1904, p. 339.

(2) E. GRÜNEISEN et E. GIEBE, Communication du Physikalisch-technischen Reichsanstalt (*Physikalische Zeitschrift*, 15 novembre 1912, p. 1097).

(1) *Voir* pour ces formules O.-D. CHWOLSON, *Traité de Physique*, t. IV, 1er fascicule, p. 110 et 380.

(2) O.-D. CHWOLSON (*loc. cit.*). Klemencic et Himstedt ont confirmé expérimentalement l'exactitude de ces formules dans le cas où le rapport $\frac{\pi}{2R}$ est petit.

les conducteurs voisins ou même les parois de la salle. Pour tenir compte de cette dispersion, on mesurera la capacité de chaque armature du condensateur à diélectrique par rapport à la terre, et on la retranchera de la capacité totale. On tiendra compte de cette même correction pour le condensateur à air, en retranchant de la formule (1) l'expression $\frac{R}{\pi}$ qui représente la capacité par rapport à la terre d'un disque infiniment mince de rayon égal au rayon de l'armature. La capacité partielle déterminée par l'expérience est généralement un peu supérieure à $\frac{R}{\pi}$, parce que le condensateur est trop influencé par les conducteurs voisins.

La légitimité et l'importance de ces corrections résultent nettement du tableau ci-dessous, où les trois dernières colonnes représentent les valeurs de K obtenues en prenant pour C_0 le premier terme seul C_1, de la formule de Kirchhoff; puis les deux termes $C_1 + C_2$; et enfin, en tenant compte de la capacité du disque par rapport à la terre $C_3 = \frac{R}{\pi}$.

$$C_0 = C_1 + C_2 - C_3,$$

$$C_0 = \frac{R^2}{4a} + \frac{R}{4\pi}\left(1 + \text{Log}_n \frac{16\pi R}{a}\right) - \frac{R}{\pi}.$$

Diamètre du disque de porcelaine.	Épaisseur a du disque	Diamètre des armatures $2R$.	Constante diélectrique K calculée avec		
			$C_0 = C_1$.	$C_0 = C_1 + C_2$.	$C_0 = C_1 + C_2 - C_3$.
cm	cm	cm			
30	1,90	15	7,09	4,70	5,63
30	1,46	15	6,79	4,83	5,61
25	1,08	15	6,49	4,94	5,56
25	0,58	15	6,19	5,23	5,61
			Moyenne		5,60

Cette valeur diffère d'environ 4 pour 100 de la valeur probable 5,83 obtenue par le condensateur à trois plateaux, comme nous l'indiquerons plus loin; dans tous les cas, il est bien évident que c'est seulement en tenant compte de la capacité par rapport à la terre dans le calcul de C_0 que l'on arrive à des résultats concordants quelle que soit l'épaisseur des plaques isolantes. L'erreur qui reste provient des pertes par les bords; si l'on cherche à la corriger en appliquant sur les armatures elles-mêmes des disques en porcelaine, on produit une surcompensation, c'est-à-dire que la constante diélectrique ainsi déterminée est trop forte, probablement parce que l'on draine à travers le diélectrique des lignes de force qui se perdraient dans la terre si la lame isolante était infinie.

II. Pour lever toute incertitude, mais surtout pour s'affranchir de la nécessité de mesurer les capacités individuelles par rapport à la terre, les auteurs ont cherché à utiliser le condensateur à trois plateaux pour la détermination de la constante diélectrique, parce que la plaque médiane y est complètement protégée, par les deux autres, contre les influences extérieures. Toutes les lignes qui en émanent aboutissent aux deux autres armatures mises à la terre; elles doivent donc traverser le diélectrique qui remplit les intervalles entre ces armatures. Pour constituer ce système, il faut deux disques isolants qui sont recouverts sur chacune de leurs faces de feuilles d'étain circulaires absolument identiques; on superpose les deux disques de façon que leurs armatures internes coïncident et que leur ensemble forme l'armature médiane. La capacité de ce condensateur est calculée, dans le cas où le diélectrique est de l'air, d'après ses dimensions géométriques et en tenant compte des perturbations des bords comme pour le condensateur à deux plateaux.

Les auteurs, sans autres détails, indiquent qu'ils sont arrivés à la formule suivante :

$$(3) \qquad C_0 = \frac{R^2}{2a} + \frac{R}{\pi}\left(2\,\text{Log}_n 2 - \frac{1}{\lambda^2 - 1}\right),$$

où $\lambda = 2,1426902$ est la racine de l'équation

$$(4) \qquad \frac{\lambda^2}{\lambda^2 - 1} = \text{Log}_n(\lambda^2 - 1).$$

La valeur numérique de l'expression entre parenthèses de la formule (3) est 1,1078. Dans ces formules R représente le rayon commun des armatures supposées infiniment minces et a leur écartement. Dans le cas où l'on ne peut plus considérer les armatures comme étant infiniment minces, mais ayant une épaisseur e, on a le pendant de l'équation (2) :

$$(5) \qquad C_0 = \frac{R^2}{2a} + \frac{R}{\pi}\left[1,1078 + \frac{2}{3} f\left(\frac{2e}{a}\right)\right],$$

où

$$f\left(\frac{2e}{a}\right) = f(x) = (1 + x)\,\text{Log}_n(1 + x) - x\,\text{Log}_n x.$$

En faisant varier R, a et e, on a trouvé, entre les valeurs déduites de la formule (5) et celles mesurées par la méthode de Maxwell (charge et décharge du condensateur par un interrupteur tournant), une concordance très satisfaisante. L'expérience a montré aussi que si les distances de la plaque moyenne aux plaques extrêmes ne sont pas égales entre elles, (si $a_1 = 1$ cm et $a_2 = 3$ cm, par exemple), la formule (5) reste toujours valable à la condition de lui faire subir une petite transformation :

$$C_0 = \frac{R^2}{4}\left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}\right) + \frac{R}{\pi} \times 1,1087 + \frac{R}{3\pi}\left[f\left(\frac{2e}{a_1}\right) + f\left(\frac{2e}{a_2}\right)\right].$$

En résumé, la capacité C_0 se calcule par la formule (3) et C se mesure par le procédé de Maxwell à l'aide d'un interrupteur tournant qui produit 165 charges et décharges par seconde. Les charges résiduelles et les pertes diélectriques dans la porcelaine n'altèrent pas les mesures dans la proportion de 1 pour 1000; ainsi à la fréquence 250 on trouvera la même capacité que pour la fréquence 165 de l'interrupteur tournant. Le tableau suivant donne les résultats trouvés pour la constante diélectrique de la porcelaine de même qualité que celle étudiée par la première méthode.

Le dernier nombre est environ 4 pour 100 supérieur à celui déduit de la méthode du condensateur à deux plateaux; c'est que, dans le cas actuel, on a corrigé l'influence des bords. On peut s'en rendre compte de la manière suivante.

Diamètre des disques de porcelaine.	Épaisseur des disques.	[D]iamètre des armatures.	Constante diélectrique.
cm	cm	cm	
30	1,90	15	5,76
30	1,90	24	5,90
30	1,47	24	5,83
25	0,60	15	5,81
25	0,60	20	5,84
		Moyenne.........	5,83

En appliquant un disque de porcelaine sur les armatures extérieures du condensateur à trois plateaux on provoque une augmentation de capacité bien moins considérable que si l'on effectue la même manœuvre sur le condensateur à deux plateaux. Les auteurs évaluent à 1 pour 100 l'erreur qui persiste de ce chef; l'imperfection géométrique des disques, qui sont loin d'avoir leurs faces parallèles, en introduit une autre à peu près du même ordre de grandeur. La substitution de plaques épaisses aux minces feuilles d'étain n'est pas plus recommandable dans le condensateur à deux plateaux que dans celui à trois plateaux; la correction à faire subir à la capacité à cause de l'épaisseur finie des armatures [équations (3) et (5)] se calcule avec une précision suffisante pour le condensateur à air, mais la mesure, après interposition du disque isolant, ne donnera vraisemblablement jamais une capacité augmentée dans le rapport de la constante diélectrique.

Remarque. — Pour bien des corps solides, particulièrement pour les cristaux, on s'affranchit de la correction des bords en constituant un mélange liquide ayant même constante diélectrique que la substance étudiée et l'on y noie le condensateur. Il faut évidemment que l'isolant ne soit pas soluble dans le liquide. B. K.

Méthode de mesure des très hautes résistances (¹).

Cette méthode, applicable aux résistances électrolytiques, utilise un électromètre à quadrants monté comme l'indique le schéma de la figure 1 :

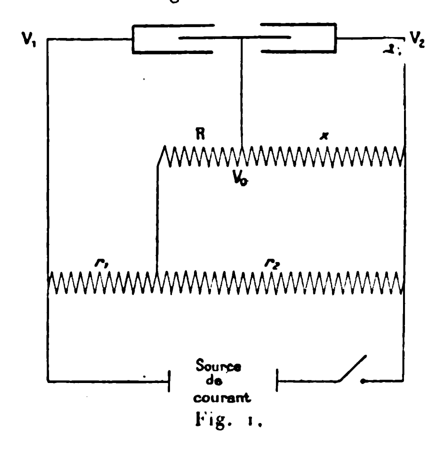


Fig. 1.

L'application des lemmes de Kirchhoff donne la différence de potentiel $V_0 - V_1$ entre l'aiguille et l'un des quadrants et pour la différence $V_2 - V_0$ entre les deux quadrants

$$V_0 - V_1 = I\,\frac{R(r_1+r_2)+r_1(r_2+x)}{R+r_2+x},$$

$$V_2 - V_0 = I\,\frac{r_2 x}{R+r_2+x}.$$

La déviation de l'électromètre à quadrants étant de la forme

$$\alpha = K[(V_0 - V_1)^2 - (V_2 - V_0)^2],$$

l'instrument restera au zéro, que le courant soit continu ou alternatif, si les numératurs de $V_0 - V_1$ et $V_1 - V_2$ sont égaux, c'est-à-dire si

$$x = \frac{R(r_1+r_2)+r_1 r_2}{r_2 - r_1}.$$

Dans les mesures d'essai de la méthode, les résistances r_1 et r_2 étaient constituées par deux boîtes identiques montées en série avec un seul jeu de fiches. La résistance totale de ce potentiomètre était de 111-110 ohms. La résistance R fixe était une résistance métallique de 1 mégohm; la résistance x était une résistance électrolytique. La source de courant était le secteur alternatif à 110 volts. Lorsque $x = 10$ mégohms, l'erreur relative trouvée sur x est inférieure à 1 pour 1000; si $x = 100$ mégohms, elle est encore de 1 pour 100.

La méthode permet donc de mesurer avec une approximation suffisante des résistances considérables; elle peut dès lors servir à la mesure des résistivités d'électrolytes extrêmement dilués, en solution dans l'eau ou dans les solvants appropriés.

(¹) Tournier, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLV, 9 décembre 1912, p. 1242-1243.

Appareil électrique mesureur du temps pour la comparaison de deux phénomènes périodiques (¹).

Pour comparer entre eux deux phénomènes périodiques on a généralement recours à la méthode des coïncidences. M. Lippmann a imaginé un appareil qui résout le même problème avec non moins de précision, mais d'une manière plus commode et plus rapide; il résout en outre d'autres problèmes analogues dont la méthode des coïncidences ne donne pas la solution.

Cet appareil se compose essentiellement d'un axe O qui tourne d'un mouvement uniforme, sous l'action d'un moteur approprié, en faisant un tour en T secondes. Cet axe porte une tige métallique électrisée, laquelle en passant vient toucher un contact étroit α et produit ainsi un courant électrique de très courte durée. Le moment où le contact se produit dépend de la position de α, et l'on peut le faire varier *à volonté* et d'une manière *continue* en disposant du contact α. Ce contact peut être déplacé à volonté, à l'aide d'une manette que tient l'opérateur et amené en tel point qu'on voudra du cercle décrit par le bras électrisé.

Un deuxième contact β, commandé par une deuxième manette, indépendante de la première, permet de même

(¹) G. Lippmann, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLV, 23 décembre 1912, p. 1458-1461.

d'obtenir un deuxième courant électrique instantané. On remarque dès lors qu'une fois α et β mis en place, l'intervalle de temps qui sépare les deux courants instantanés se lit sans difficulté sur l'appareil. Si, par exemple, la durée de revolution T est d'une seconde, et si l'angle $\alpha O \beta$ est égal aux $\frac{37}{100}$ de la circonférence, l'intervalle de temps en question est de 0,37 seconde.

Voici quelques applications de cet appareil :

1° *Comparaison de deux horloges sidérales.* — Supposons qu'on veuille comparer entre elles deux horloges sidérales A et B. On règlera la vitesse de rotation de façon que le bras électrisé fasse un tour par seconde : l'observateur entend alors les battements de l'horloge qui se succèdent à un intervalle d'une seconde; d'autre part les courants fournis par le contact α donnent dans un téléphone une série de coups secs qui se succèdent avec le même intervalle. L'observateur joue alors de la manette qui commande α jusqu'à ce que les deux séries de chocs, au lieu d'être décalées l'une par rapport à l'autre, coïncident constamment, et à chaque seconde l'oreille constate qu'il y a simultanéité entre les battements de l'horloge et le passage du bras électrisé sur α. Disons, pour abréger, que le contact α est « mis à l'heure » sur l'horloge A.

D'autre part, on dispose du contact β, indépendant de α, pour le mettre à l'heure sur l'horloge B. Cela fait, et les deux mises à l'heure étant réalisées simultanément, la mesure est terminée; il ne reste plus qu'à lire la distance angulaire entre α et β pour avoir le retard d'une des deux horloges sur l'autre : il serait de 0,37 seconde dans l'exemple numérique cité plus haut. Il est prudent de faire les deux mises à l'heure simultanément, ou coup sur coup, afin d'éliminer l'influence que pourrait avoir une petite variation du moteur qui fait tourner le bras métallique.

On remarquera que l'observateur est ici maître, en jouant de la manette, de produire la coïncidence à son gré : il la modifie, la perfectionne à loisir, la fait se reproduire plusieurs secondes de suite, et il n'est pas obligé de compter les secondes. Il n'en est pas de même dans la méthode des coïncidences habituellement en usage : là, l'observateur est obligé de guetter une coïncidence; il entend l'écart du battement diminuer peu à peu pour passer par zéro et recroître ensuite ; le moment de la coïncidence reste dans sa mémoire et il le fixe en comptant les secondes s'il a un doute il lui faut attendre la coïncidence suivante. Il paraît plus avantageux de produire quand on veut la coïncidence, de la perfectionner et de la maintenir pendant n secondes de suite, sans avoir recours à sa mémoire et sans se préoccuper de compter les secondes.

Dans l'exemple précédent on suppose que la « mise à l'heure » est faite par l'oreille; mais, dans d'autres cas, on pourra la faire visuellement. Le contact bref en α allume, pendant un temps très court, une lampe électrique de 2 volts et l'on utilise l'éclair ainsi produit pour illuminer le balancier de l'hor oge A; on joue de la manette jusqu'à ce que ledit balancier soit éclairé au moment du passage par la verticale; même opération pour le contact β et l'horloge B; l'angle $\alpha O \beta$ donne alors l'intervalle de temps qui sépare les deux passages par la verticale.

On compare deux chronomètres comme on compare deux horloges, par signaux acoustiques, ou bien visuellement, en mettant à l'heure sur le passage des balanciers par leur position d'équilibre. Il peut y avoir dans ce cas avantage à se servir de la méthode des éclairs. En effet, l'amplitude des oscillations du balancier d'un chronomètre varie, comme on le sait, d'une manière irrégulière et considérable; il s'ensuit que le moment où a lieu le signal acoustique donné par l'instrument ne se produit pas toujours dans la même phase de l'oscillation et que, quand bien même le balancier passerait par sa position d'équilibre à des intervalles de temps parfaitement égaux, les échappements et les bruits des battements se produiraient avec des retards irréguliers. Mieux vaut donc opérer directement sur le balancier en visant son passage par la position d'équilibre.

2° *Réception des signaux de la tour Eiffel.* — L'observateur se propose de mesurer le retard de ces signaux sur les battements de la pendule. Il met à l'heure le contact α sur sa pendule, le contact β sur les signaux rythmés de la tour Eiffel. L'angle $\alpha O \beta$ mesure la fraction de seconde qu'on désire connaître.

3° *Emission des signaux horaires.* — Une des horloges de l'Observatoire émet périodiquement un signal qui déclenche l'onde hertzienne en passant par plusieurs intermédiaires.

Il y a lieu de tenir compte d'abord de la correction ρ qu'il faut faire subir à l'indication de l'horloge pour avoir l'heure de Paris, correction calculée à l'Observatoire. Il faut en outre tenir compte de la somme σ des retards qui se produisent dans les relais et autres organes interposés entre l'horloge et l'antenne, somme qu'on mesure par des expériences spéciales. Telle est du moins la méthode qu'on applique actuellement.

Avec l'appareil tournant décrit plus haut, on opérerait de la manière suivante : l'opérateur met le contact α à l'heure sur l'horloge de l'Observatoire; un second contact α' est maintenu à une distance angulaire du premier égale à ρ, de sorte que les sons donnés au téléphone par α' coïncident avec la seconde exacte de l'heure de Paris. Enfin l'observateur dispose d'un contact β qui déclenche les ondes hertziennes à travers les intermédiaires habituels; il déplace à l'aide d'une manette le contact β jusqu'à ce que les signaux émis par la tour Eiffel, qu'il entend au téléphone, coïncident exactement pour l'oreille avec les secondes marquées par α'. Dès lors, grâce au réglage de α', qui donne la seconde exacte; grâce au réglage de β qui met la tour Eiffel à l'heure sur α', les corrections ρ et σ sont faites par l'appareil lui-même, et les ondes hertziennes partent à l'heure exacte de Paris.

En résumé, on peut dire que l'appareil sert à la mesure des intervalles de temps comme un rapporteur sert à mesurer des angles.



TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

THÉORIES GÉNÉRALES.

Sur l'évolution de nos idées concernant l'éther.

Les théories modernes de la Physique sur la constitution de la matière, non seulement donnent une explication plausible de nombreux phénomènes, mais encore ont permis d'en prévoir plusieurs autres que l'expérience a confirmés. Elles offrent malheureusement l'inconvénient de conduire à quelques conséquences mécaniques qui paraissent difficilement acceptables. Ces difficultés ont été mises en évidence par Lorentz, H. Poincaré et un physicien suisse Walter Ritz. En rendant compte des travaux de ce dernier savant, enlevé à la Science en 1909, à l'âge de 31 ans, M. L. Houllevigue, professeur à la Faculté de Marseille, publie dans la *Revue générale des Sciences* un fort intéressant article d'où nous détachons le passage suivant qui montre, sous une forme très claire, comment se sont modifiées graduellement nos idées sur le milieu qui transmet les ondes lumineuses et les ondes électriques :

Lorsque Huyghens, écrit M. Houllevigue, développait la théorie ondulatoire de la lumière, la conception d'un fluide lumineux n'avait rien qui pût alors choquer les esprits; la Physique était remplie de fluides, calorifique, électrique, magnétique; de plus, l'analogie entre les phénomènes acoustiques et optiques devait frapper tous les esprits; pourtant, Newton rejeta cette explication, bien qu'il eût observé les anneaux colorés et qu'il connût la nature périodique des phénomènes lumineux; mais Newton s'était dit que, si les fluides ont les propriétés des gaz, ils ne peuvent transmettre que des vibrations longitudinales, et alors les phénomènes de polarisation présentés par le spath d'Islande deviennent inexplicables; on sait comment Fresnel emporta tous les doutes et fit triompher l'hypothèse ondulatoire, en affirmant la transversalité des vibrations de l'éther, mais le « sans-gêne génial » avec lequel il lui imposait cette condition n'abolissait pas les difficultés; la transversalité des vibrations suppose implicitement que l'éther, véhicule de ces vibrations, doit avoir la rigidité d'un solide; ce fluide, plus rigide que l'acier, pénètre cependant tous les solides et se laisse traverser par eux sans effort; il ne partage même pas le mouvement de la Terre sur son orbite, et cette conséquence est nécessaire pour expliquer l'aberration astronomique; ainsi, nous sommes, nous et les objets qui nous entourent, traversés par un « vent d'éther », dont la vitesse atteint 30 km : s, et cela sans que nous puissions nous en apercevoir, même par les expériences les plus délicates; Fresnel ne se laissa pas détourner par ces difficultés de la voie qu'il avait suivie, mais il faut avouer que l'éther qu'il nous proposait avait des propriétés singulières, et l'on peut se demander quel intérêt il y a à remplacer les équations différentielles qui régissent les phénomènes de l'Optique par une représentation mécanique aussi invraisemblable.

On ne devait pas en rester là; plus tard, Lord Kelvin, estimant que la notion d'un éther incompressible ne permettait pas de représenter les propriétés optiques des cristaux, en revint à l'idée d'un éther infiniment compressible, et il montra que, si ce fluide s'étend à l'infini, l'hypothèse cessait d'être absurde; elle restait pourtant tellement étrange et truquée que le grand physicien anglais se rabattit sur une conception encore plus subtile, celle de l'*éther gyrostatique*, dont chaque élément de volume, animé d'un rapide mouvement de rotation, tend, comme le gyroscope de Foucault, à conserver son orientation : dans ce cas, les vibrations lumineuses ne seraient plus que des déplacements forcés de cet axe de rotation. Les difficultés, loin de s'évanouir, s'accrurent, au contraire, à partir du jour où Maxwell, en liant par la théorie électromagnétique les phénomènes lumineux et électriques, exigea que les propriétés de l'éther convinssent aux uns et aux autres. Maxwell fit lui-même de vains efforts pour imaginer ce que pouvaient être les propriétés de l'éther électrique; sa théorie du *déplacement* est le résultat de ces efforts, mais il dut, malgré son génie, renoncer à dire comment l'éther devait être constitué pour posséder les propriétés qui nous sont révélées par la lumière, l'électrostatique et les phénomènes d'induction; quant à la gravitation, elle reste toujours en dehors de toute explication fondée sur l'existence de l'éther; il n'y a, paraît-il, qu'un moyen de concilier toutes ces difficultés : c'est d'imaginer que l'éther, loin d'être une substance immuable et indépendante de la matière, est constamment émis par certains corps matériels et absorbé par d'autres. Évidemment, il n'y a pas, en pareille matière, à parler d'invraisemblance, mais on se demande à quoi peut bien servir une pareille représentation; les théories mécaniques ne présentent d'intérêt que si elles sont assez simples, assez suggestives pour guider l'esprit humain dans le dédale des phénomènes; ici, au contraire, nous entassons des rêves les uns sur les autres. C'est pour cela que certains physiciens, comme Drude, ont pris le parti de renoncer à toutes ces imaginations; la région où se produisent les phénomènes ondulatoires et électrostatiques est pour eux un « espace physique », c'est-à-dire qu'il ne se distingue de l'espace géométrique que par la présence d'une énergie spéciale, définie par une force électrique et par une force magnétique.

Après avoir mis en évidence, avec une clarté saisissante, toutes ces difficultés, Ritz aborde la théorie de Lorentz, qui attribue l'origine des vibrations optiques et électromagnétiques à des charges électriques en mouvement dans l'espace. Cette hypothèse compte à son actif de grands succès, entre autres l'explication du phénomène de Zeeman et la représentation, donnée par Ritz lui-même, de la distribution des raies spectrales; cependant, elle aboutit à de graves difficultés, que H. Poincaré et Lorentz lui-même ont mises en évidence; les dimensions d'un solide en mouvement sont altérées par ce mouvement

de telle sorte qu'une sphère d'acier au repos devient un ellipsoïde quand on la promène dans l'espace; la simultanéité de deux phénomènes devient une notion toute relative, si bien que deux phénomènes A et B peuvent être simultanés pour un observateur, tandis que, pour l'autre, A est antérieur à B, et postérieur à B pour le troisième; voilà qui n'est pas fait pour simplifier l'enseignement de l'histoire, si tout cela n'est pas du pathos métaphysique. L'égalité de deux intervalles de temps perd aussi toute signification précise; le parallélogramme des vitesses n'est plus qu'une approximation admissible aux faibles vitesses; ainsi, deux électrons émis en sens inverses par un grain de radium, avec une vitesse de 250 000 km : s auront une vitesse relative, non de 500000 km : s, mais de 296000 km : s seulement. Quant à l'invariabilité de la masse matérielle, elle a, bien entendu, cessé d'exister puisque la masse est fonction de la vitesse; telles sont, nous dit Ritz, toutes les conséquences auxquelles on aboutit pour avoir voulu, à toute force, conserver cet éther qui n'était presque plus qu'un fantôme mathématique; et il conclut fort sagement : « L'expérience ne nous a jamais révélé trace de quelque chose qui subsisterait dans les espaces vides de matière au sens ordinaire. Il nous sera toujours loisible, cependant, d'y supposer un intermédiaire servant de véhicule aux actions des corps les uns sur les autres, et cette conception pourra même être fort utile, à la condition de ne pas la prendre trop au sérieux, c'est-à-dire à la condition de ne pas oublier qu'il s'agit d'une simple construction mentale et non d'une réalité, construction qu'il faudra abandonner, pour la remplacer par une autre dès que l'expérience ou l'économie de la pensée l'exigeront. »

Par cette critique des théories ondulatoires, Ritz a rendu service à la Science, en montrant que la notion d'éther, qui mène à tant d'incohérences et de contradictions, est loin d'être, comme on le dit aux débutants, une conséquence de la nature périodique des phénomènes lumineux. Mais il ne s'est pas contenté de détruire : il a cherché, sur ces débris, à refaire la théorie de Lorentz, de façon à élaguer tout ce qui n'est pas strictement exigé par l'expérience; pour lui, trois choses existent, et existent avec le sens que nous leur donnons habituellement : le temps, l'espace et les charges électriques; des particules *fictives* sont émises constamment dans tous les sens par les charges électriques; elles continuent indéfiniment à se mouvoir en ligne droite et avec une vitesse constante, même dans les corps matériels. Ainsi, Ritz nous ramène aux théories d'émission, qu'on croyait abandonnées pour toujours ! Cette curieuse tentative nous montre au moins la fragilité des hypothèses qu'on croyait le plus solidement assises, et nous donne une leçon de prudence qui n'était peut-être pas inutile.

Loi de Stokes et charge de l'électron [1].

La charge moyenne des gouttelettes d'un nuage a été déterminée par Millikan [2] par la méthode suivante, dérivée d'une méthode antérieurement indiquée par H.-A. Wilson.

Une gouttelette (rayon a, densité Δ), produite par pulvérisation (par ce procédé on a des gouttes chargées d'un signe ou de l'autre) est introduite dans un condensateur horizontal, entre les plateaux duquel on peut établir un champ électrique H. La goutte tombe, sous l'action de la pesanteur, avec une vitesse v_1 donnée, en première approximation, par la loi de Stokes

$$(1) \qquad v_1 = \frac{2}{9} g a^2 \frac{\Delta - \delta}{\eta},$$

η et δ étant la densité et la viscosité de l'air du condensateur. On établit alors un champ électrique d'intensité H et de sens tel que la goutte remonte dans le condensateur. Si v_2 désigne la vitesse sous l'action simultanée du champ électrique et du champ de gravitation, m la masse apparente de la sphère, E sa charge électrique, on a la relation rigoureuse

$$(2) \qquad \frac{v_1}{v_2} = \frac{mg}{HE - mg}.$$

On a en outre

$$(3) \qquad m = \frac{4}{3} \pi a^3 (\Delta - \delta).$$

L'élimination de a et de m entre (1), (2) et (3) donne la charge E. Il arrive que la goutte ainsi observée perde une partie de sa charge : soit E_1 la nouvelle charge; la différence $E - E_1$ sera un multiple simple de la charge élémentaire.

Millikan trouva ainsi, pour des gouttelettes d'huile, des valeurs brutes variant de 7 à $4,8.10^{-10}$ U. E. S., suivant la grandeur du rayon. Il en conclut que la loi de Stokes devient inapplicable quand le rayon devient petit (de l'ordre de grandeur du libre parcours moyen l du fluide), et il retrouva une formule de correction établie par Cunningham

$$(4) \qquad v = \frac{2}{9} g a^2 \frac{\Delta - \delta}{\eta} \left(1 + A \frac{l}{a}\right)^{-1},$$

A étant un coefficient numérique pouvant d'ailleurs, dans la théorie de Cunningham, varier de 0,815 à 1,63 suivant la nature des chocs des molécules du fluide contre la goutte. Millikan trouva $A = 0,815$, correspondant au cas de chocs mous (ceci revient à dire que la direction de la molécule après le choc est sans rapport aucun avec la direction avant le choc).

M. J. Roux a cherché à fixer, par des expériences directes, la valeur du coefficient A dans le cas de sphères de soufre de petits rayons. Pour cela il a mesuré la vitesse v_1 de chute de telles sphères dans l'air (densité δ_1, viscosité η_1), puis la vitesse v_2 des mêmes sphères dans un liquide (densité δ_2, viscosité η_2). L'application de la loi de Stokes est légitime dans le cas de la chute dans le liquide et permet de calculer le rayon; on a

$$(5) \qquad v_2 = \frac{2}{9} g a^2 \frac{\Delta - \delta_2}{\eta_2}.$$

Si la goutte tombait dans l'air suivant la loi de Stokes,

(1) Jules Roux, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLV, p. 1490-1493.

(2) *Physical Review*, t. XXXIII, avril 1911.

elle aurait une vitesse u_1

$$u_1 = \frac{2}{9} g a^2 \frac{\Delta - \delta_1}{\eta_1}.$$

La comparaison de u_1 et v_1 permet de calculer la correction à apporter à la loi de Stokes. M. Roux a trouvé ainsi des valeurs de A comprises entre 1,5 et 1,8 et dont la valeur moyenne est 1,64.

M. Roux a ensuite utilisé ce résultat pour déterminer la charge élémentaire au moyen d'expériences faites sur des gouttelettes de soufre. Il a trouvé $e = 4,17.10^{-10}$ avec une approximation de 5 pour 100. Cette valeur est inférieure de 15 pour 100 à celle ($4,981.10^{-10}$) que Millikan regarde comme exacte au millième près et se trouve parfaitement d'accord avec celle ($4,25.10^{-10}$) que M. Jean Perrin a tirée de l'étude du mouvement brownien.

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE.

Essais d'évaluation de la cohésion diélectrique d'un gaz rare avec de petites quantités de matière [1].

Une mesure de cohésion diélectrique d'un gaz demande, pour être précise, l'emploi de 200 à 250 cm³ de gaz au moins. Dans le cas d'un gaz rare cette quantité est souvent difficile à se procurer et cependant il y a intérêt à pouvoir mesurer la cohésion diélectrique d'un tel gaz, soit qu'on veuille suivre les diverses phases de la purification de ce gaz, soit qu'on veuille fixer approximativement les proportions des composants d'un mélange de deux gaz connus. Pour cette raison M. Bouty a cherché s'il n'était pas possible de faire des mesures précises avec une faible quantité de gaz.

En prenant une petite ampoule de 1 cm de diamètre placée entre les armatures d'un condensateur, on peut observer, au centre de l'ampoule, comme une étoile minuscule au moment de la production et souvent aussi de la suppression d'un champ suffisamment intense; mais cette apparition est trop irrégulière pour se prêter à des recherches systématiques. Ce n'est qu'en donnant au petit ballon un diamètre de 2,5 à 3 cm qu'on arrive à percevoir, d'une manière régulière, des lueurs offrant une étendue sensible et dont l'observation devient presque aussi aisée que celle des grandes lueurs habituelles.

A la suite de ces résultats préliminaires, M. Bouty s'est arrêté au dispositif suivant : un petit ballon de 3 cm de diamètre extérieur est en relation, par un tube capillaire, avec un manomètre à air libre de 2 mm de diamètre, muni d'une cuvette mobile. La branche du manomètre en relation avec le ballon porte, à sa partie supérieure, une série de renflements de capacités telles que, quand, par la manœuvre de la cuvette, on oblige le mercure à remplir successivement ces renflements, du plus bas, qui est le plus grand, au plus haut, qui est le plus petit, la pression du gaz refoulé dans le ballon croît sensiblement en progression arithmétique. L'appareil ne comporte que deux robinets, l'un pour l'introduction, l'autre pour l'extraction du gaz.

Dans ces conditions, 5 à 6 cm³ de gaz, mesurés sous la pression atmosphérique, suffisent pour opérer dans un large intervalle où le champ critique efficace y est relié à la pression p par une formule linéaire, $y = A + Bp$.

Les expériences ont porté sur divers échantillons de néon, d'hélium, d'argon, ainsi que sur l'hydrogène et l'air. Elles ont permis de relier les valeurs de B (cohésion diélectrique apparente) fournies par l'appareil aux valeurs correspondantes de la cohésion diélectrique b, par la formule empirique $B = 1,165\, b + 6$, applicable de $b = 7$ (cohésion du néon le moins impur employé dans ces expériences) à 419 (cohésion de l'air).

(1) E. Bouty, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLV, 9 déc. 1912, p. 1207-1208.

Une expérience nouvelle sur les rotations ionomagnétiques [1].

Sous ce nom, M. A. Righi désigne les mouvements de rotation qui se produisent lorsque, sur un corps pouvant tourner aisément autour d'un axe et placé dans un gaz raréfié et ionisé, on fait agir un champ magnétique suivant ledit axe.

Les trajectoires des ions (et des électrons) entre deux chocs successifs deviennent alors curvilignes (des hélices, si le champ est uniforme), et les directions des chocs sur la surface du corps mobile s'inclinent toutes dans un même sens, d'où la rotation.

Les rotations ainsi observées ne sont que l'effet différentiel des actions de sens contraires dues aux ions des deux espèces. Aussi ce n'est qu'en ionisant fortement le gaz, particulièrement au moyen de puissantes étincelles, qu'on obtient des rotations assez marquées, dans un sens ou dans l'autre suivant les circonstances.

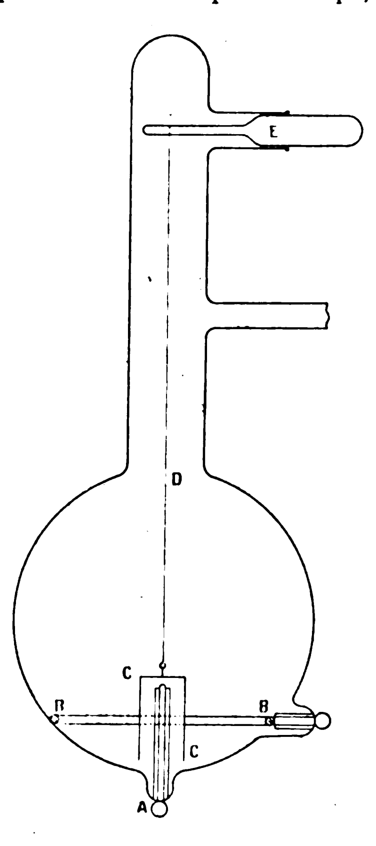
Ces rotations deviendraient nécessairement beaucoup plus considérables, même avec faible ionisation du gaz, s'il était possible de supprimer les ions de l'un des deux signes. M. Righi a obtenu un résultat analogue tout simplement en électrisant le corps mobile. Si, par exemple, on le charge négativement, ce seront seulement les ions positifs qui pourront produire leur effet, les particules négatives étant pour la plupart repoussées.

Le dispositif expérimental est représenté par la figure ci-après. Le corps mobile est un cylindre d'aluminium très mince CC suspendu à un fil D dans un tube à décharge contenant de l'air à quelques dixièmes ou centièmes de millimètre de pression. Au-dessous du tube est une bobine dont l'axe est dans le prolongement du fil de suspension et qui est destinée à créer le champ magnétique. Concentriquement au cylindre est un large anneau horizontal BB, en fil métallique, qui forme l'une des électrodes. Si le fil de suspension est métallique (quelques centièmes de millimètre de diamètre), c'est par lui qu'on fait arriver le courant fourni par une machine à influence ou par une batterie d'accumulateurs; en ce cas, la rotation est bientôt arrêtée par la torsion du fil, mais un tel arrangement se prête bien à des expériences de mesure. Si, au contraire, on

(1) A. Righi, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLV, 9 décembre 1912, p. 1214-1216.



prend un fil de cocon, on électrise le cylindre par un fil métallique A soudé au fond du tube, entouré par du verre jusqu'à son extrémité supérieure et qui, pénétrant



dans le cylindre, arrive presque à toucher sa base supérieure; en ce cas, même avec l'ionisation relativement faible qui existe lorsque l'intensité de courant est de 0,2 à 0,3 milliampère, on obtient des rotations très marquées. Naturellement le sens de la rotation change, soit qu'on intervertisse le sens du courant dans la bobine, soit qu'on intervertisse les signes des deux électrodes.

Sur la réflexion des rayons cathodiques lents (1).

Dans des communications antérieures (2) l'auteur a montré que les électrons émanés d'un filament de carbone incandescent peuvent, sous l'action du champ électrique créé par une différence de potentiel voisine de 100 volts, donner un pinceau cathodique bien délimité, dont la vitesse approche de 500 km : sec; ce pinceau est visible sur tout son parcours, grâce à la présence de traces de vapeurs de mercure dans l'espace, privé de tous autres gaz où il se propage; il s'entoure lui-même, dans le cas le plus ordinaire, d'une lueur diffuse. Lorsqu'il vient à frapper la paroi de verre du récipient où il se propage, il se réfléchit nettement; il se réfléchit également sur une lame métallique placée à l'intérieur du récipient. Ce fait s'explique difficilement par un rebondissement des électrons, étant données les dimensions exigues de ces électrons par rapport à celles des éléments matériels qui constituent les paroi ; en réalité cette réflexion est due à un phénomène électrostatique; elle a pour cause l'inflexion des trajectoires des électrons dans le champ électrique maintenu à l'intérieur du récipient.

Pour établir cette proposition M. Houllevigue a employé le dispositif suivant : l'ampoule d'une lampe à incandescence de 20 volts, fonctionnant sous 18 volts, est reliée par un tube de 12 mm de diamètre à un récipient de verre. Ce tube contient intérieurement un cylindre métallique maintenu à un certain potentiel de N volts compté à partir du potentiel moyen du filament; à l'intérieur du récipient se trouve une large lame d'aluminium qui peut, elle-même, être maintenue au potentiel de U volts compté à partir de la même origine. On règle N de manière à obtenir à l'intérieur du récipient un pinceau cathodique bien délimité, qu'on dirige avec un aimant de manière à le faire tomber sur la lame AB; en faisant alors varier U sans toucher à l'aimant on peut reproduire à volonté tous les effets de réflexion *apparente* du pinceau cathodique, ainsi d'ailleurs que la suppression de cette réflexion; la rèflexion apparente se manifeste surtout pour une certaine valeur U_0 du potentiel.

D'après ces expériences il ne semble pas douteux à M. Houllevigue que la réflexion à la surface interne du verre ne soit due à ce que cette surface est maintenue au potentiel critique U_0. Ce maintien à un potentiel sensiblement constant se produit d'ailleurs automatiquement : tant que la paroi est à un potentiel U supérieur à U_0, elle absorbe les électrons, ce qui abaisse son potentiel jusqu'à la valeur U_0.

ÉLECTROLYSE.

Sur le mode d'ionisation de l'acide sulfurique en solution aqueuse étendue (1).

L'acide sulfurique, en sa qualité d'acide bibasique, est susceptible de se dissocier électrolytiquement en donnant, par molécule, soit un ion négatif divalent SO^4 et deux ions hydrogène, soit un ion négatif monovalent SO^4H et un ion hydrogène.

Afin de trouver lequel de ces deux modes de dissociation est celui qui se produit réellement en solution étendue, l'auteur a fait une série de déterminations de coefficients d'ionisation et de chaleurs de dilution de solutions aqueuses d'acide sulfurique, dans le but de chercher, à l'aide des données obtenues, la nature de l'ionisation qui vérifie les lois des solutions étendues.

Renvoyant au Mémoire original pour le détail de ces déterminations et leur discussion, nous donnerons seulement la conclusion qu'en tire l'auteur : en solution aqueuse diluée, au moins, l'acide sulfurique s'ionise en donnant

(1) L. Houllevigue, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLV, 2 décembre 1912, p. 1146-1148.

(2) *Comptes rendus*, t. CLII, 1911, p. 1240 et 1846; t. CLIV, 1912, p. 1221.

(1) J.-A. Muller, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLV, 23 décembre 1912, p. 1499-1502.



les ions SO^4H et H et cette ionisation se fait avec dégagement de chaleur, dans les limites des températures expérimentées (14° à 48°).

MAGNÉTISME.

Sur l'aimantation de l'eau et de l'oxygène (1).

1° *Eau.* — Les coefficients d'aimantation des substances para et diamagnétiques ayant été très fréquemment rapportés à celui de l'eau, la détermination exacte du coefficient de l'eau prend une grande importance. MM. Weiss et Piccard l'ont déterminé par deux méthodes, dérivant l'une et l'autre de la méthode de la dénivellation magnétique imaginée par Quincke. La première méthode a fourni pour le coefficient d'aimantation à 20° rapporté à l'unité de masse

$$\chi = -0{,}7209.10^{-6};$$

la deuxième, pour diverses températures

$t =$	0°	20°	40°	60°	80°
$\chi.10^{-6} =$	$-0{,}71744$,	$0{,}71927$,	$0{,}72081$,	$0{,}72178$,	$0{,}72222$.

Les auteurs adoptent $\chi = -0{,}7193.10^{-6}$ à 20° avec un coefficient de température $\alpha = +0{,}00013$ dans le voisinage de 20°. Ce résultat s'accorde bien avec celui des mesures très soignées de M. Sève, $\chi = -0{,}725.10^{-6}$ à 22°.

2° *Oxygène.* — On obtient le coefficient d'aimantation de l'oxygène en mesurant la dénivellation magnétique de l'eau successivement sous l'hydrogène et sous l'oxygène. La présence de l'oxygène l'augmente de 18 pour 100 de sa valeur sous l'hydrogène. Toutes corrections faites, les auteurs ont trouvé, pour l'oxygène pur et sec à 760 mm et à 20°, la susceptibilité rapportée à l'unité de volume

$$k = +0{,}14073.10^{-6}.$$

Il en résulte pour l'air, dans les mêmes conditions,

$$k = +0{,}02941.10^{-6},$$

et pour l'unité de masse d'oxygène

$$\chi = +1{,}0568.10^{-4}.$$

La constitution de l'eau et la variation thermique de son aimantation (2).

D'après l'étude précédente de l'aimantation de l'eau le coefficient d'aimantation augmente avec la température et paraît atteindre une valeur constante de $0{,}7228.10^{-6}$ peu au-dessus de 100°; cette valeur est de 0,75 pour 100 plus grande que celle observée à 0°, qui est $0{,}7174.10^{-6}$.

M. Piccard a essayé de mettre ces faits d'accord avec la règle qui veut que, en général, chaque corps ait un diamagnétisme constant aussi longtemps qu'il ne change pas d'état. Se rappelant que, au point de fusion, on observe chez certains corps un changement brusque du diamagnétisme, il a été amené à supposer que, dans l'eau à température ordinaire, il y a deux substances différentes en équilibre. En admettant que la moins dense de ces deux modifications de l'eau soit identique à la glace, on peut, rien que d'après la densité, calculer approximativement le pourcentage de celle-ci à toutes les températures; en particulier on en trouve 29,1 pour 100 dans l'eau à 0° et 1 pour 100 dans l'eau à 100°.

On déduit de là que la formation de 28,1 pour 100 de glace en passant de 100° à 0° fait diminuer l'aimantation de l'eau de 0,75 pour 100; par suite la congélation à 0° devrait, en formant 70,9 pour 100 de glace, produire une diminution brusque de l'aimantation de 1,9 pour 100. Or, des recherches faites par M. G. Foex, à la demande de M. Piccard, ont donné une diminution de la susceptibilité de 2,4 pour 100 au moment de la congélation, ce qui est en concordance suffisante avec la conséquence théorique précédente.

M. Piccard fait encore remarquer que, si l'on trace la courbe de la teneur de l'eau en glace à diverses température d'après sa densité, puis qu'on trace la courbe donnant cette même teneur d'après l'aimantation, on trouve deux courbes identiques.

(1) Pierre WEISS et Auguste PICCARD, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLV, 9 décembre 1912, p. 1234-1236.

(2) Auguste PICCARD, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 23 décembre 1912, p. 1497-1499.

THERMO-ÉLECTRICITÉ.

Couples thermo-électriques de grande sensibilité dans le vide; procédé pratique pour l'obtention d'un vide très élevé (1).

Pour l'étude du rayonnement des étoiles on a besoin de couples d'une sensibilité extraordinaire. A.-H. Pfund les prépare avec les alliages de Hutchins : 95 parties de bismuth + 5 parties d'étain, d'une part; 97 parties de bismuth + 3 parties d'antimoine, d'autre part. La force thermo-électrique du couple ainsi formé est de 120 microvolts pour une différence de température de 1° C. On fond environ 10 g de chaque alliage et l'on projette la matière en fusion tangentiellement sur une grande glace, de façon à subdiviser la matière en filaments aussi fins que possible; on en choisit deux dans chaque lot ayant à peu près 0,01 mm d'épaisseur et 0,15 mm de largeur, et on les soude ensemble. Pour cela, on emploie une soudure à bas point de fusion. On étale les deux fils à la suite l'un de l'autre sur un carreau de verre; on fait fondre très peu de la soudure sur une lame de verre (1 × 5 × 40 mm) et l'on recouvre la gouttelette en fusion d'un décapant non acide, sous l'action duquel elle se ramasse en boule; on retourne alors la lame pour amener la boule liquide exactement en contact avec les deux filaments. Aussitôt que la soudure est prise, ce que l'on reconnaît facilement à sa teinte blanche, on l'écrase avec la pointe d'un couteau, de façon à former une lentille de 1 mm de diamètre.

Le même tour de main réussit très bien pour la fixation des fils de cuivre, préalablement étamés, aux deux fila-

(1) A.-H. PFUND, *Physikalische Zeitschrift*, 15 septembre 1912, p. 870.

ments. Chaque lentille est ensuite enduite de noir de fumée sur sa face supérieure, et le couple une fois terminé est monté dans une cellule où l'on fait le vide, d'après un procédé qui sera indiqué plus loin. Chaque filament a les dimensions approximatives suivantes : $0{,}01 \times 0{,}15 \times 5$ mm; la surface de la lentille moyenne est de 1 mm² et la résistance totale du couple, 5,1 ohms. Relié à un galvanomètre Desprez-d'Arsonval, d'une résistance de 12 ohms et subissant une déviation de 1 mm sous l'effet d'un courant de 7×10^{-10} ampère ce couple produit une déviation de 600 mm quand il est exposé au rayonnement d'une bougie normale placée à 1 m. La raréfaction élève la sensibilité dans le rapport de 1 à 6.

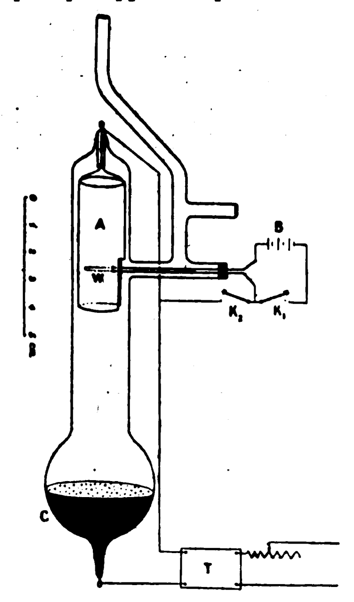


Fig. 1. — Cellule à raréfaction spontanée pour couple thermo-électrique.

Ces éléments dans le vide sont comparables aux meilleurs radiomètres; souvent même, ils les surpassent. Leur seul défaut est de présenter à un haut degré le phénomène du traînage. Avec un galvanomètre Thomson, dont l'aiguille a une durée d'oscillation de 1 seconde, il faut au couple une exposition de 8 secondes pour qu'il arrive à donner à l'aiguille sa déviation définitive.

La figure 1 représente en vraie grandeur la cellule à raréfaction spontanée. L'électrode supérieure A est un cylindre d'aluminium; l'électrode inférieure C est formée par une masse comprimée de poudre de charbon de noix de coco, dans laquelle pénètre un fil de platine de 1,5 cm de longueur. Pour que le charbon travaille mieux, après l'avoir pulvérisé, on le fait recuire au rouge sur une tôle de fer jusqu'à ce qu'on ne distingue plus de flamme éclairante. Les électrodes sont connectées aux bornes secondaires d'un petit transformateur T, dont le primaire est alimenté par du courant alternatif à 110 volts et 60 p : s. Tout d'abord, on purge le tube de l'air qu'il contient jusqu'à la pression de 1 à 2 mm de mercure, puis on y fait passer, pendant 15 minutes, une décharge assez forte pour produire des vapeurs carburées et porter les particules de charbon au rouge. Pendant ce temps, la pompe à vide fonctionne sans interruption pour entretenir le passage de la décharge. Quand le dégagement de gaz se ralentit, on arrête la décharge, mais on continue la raréfaction jusqu'à la limite de la capacité de la pompe. Finalement, on abandonne le tube au refroidissement, pendant 15 à 20 minutes avant de l'utiliser.

Pour en montrer le fonctionnement, on y laisse rentrer juste assez d'air pour que l'espace obscur autour de l'aluminium ait une épaisseur de 2 mm; pour provoquer la raréfaction spontanée, on fait passer une très faible décharge à travers le tube et, en moins d'une minute, l'espace obscur s'est élargi jusqu'à 2 cm. Il est encore possible de pousser plus loin le vide par l'emploi d'une cathode de Wehnelt W qui est reliée à la batterie B et à l'interrupteur K^1. Ayant fermé les interrupteurs K^1 et K^2 et chauffé la cathode au blanc, une décharge vigoureuse s'amorce, et il y a de nouveau une telle absorption de gaz que l'étincelle d'une grosse bobine éclatera plutôt entre deux pôles distants de 20 mm que de passer à travers le tube.

Il y a une limite au pouvoir absorbant de la poudre de charbon; il est donc nécessaire de régénérer de temps en temps le tube en le reliant à une pompe à vide. A titre de renseignement, l'auteur rappelle qu'il a pu laisser un de ces récipients à raréfaction spontanée pendant 4 mois en communication avec un couple thermo-électrique avant d'avoir besoin de procéder à sa remise au point. L'appareil convient donc très bien pour entretenir le vide dans les couples thermo-électriques, radiomètres, etc., qui exigent une élimination périodique des gaz qui les ont peu à peu envahis. B. K.

Tube de Röntgen réglable instantanément à un degré de dureté quelconque, sans changer la pression intérieure. — Cette invention réaliserait un des plus grands progrès accomplis dans la technique des rayons X si elle répondait aux prévisions des auteurs qui l'ont imaginée, J.-E. Lilienfeld et W.-J. Rosenthal. Ils ont trouvé qu'un tube à vide qui ne se laisse plus traverser par le courant secondaire d'une bobine de Ruhmkorff est susceptible d'acquérir de nouveau une certaine conductivité par le passage d'un courant entre deux électrodes supplémentaires logées dans le tube; ce qui est possible grâce à l'emploi d'une cathode incandescente de Wehnelt, c'est-à-dire une cathode de nickel recouverte d'un oxyde alcalin comme la chaux. La conductivité récupérée est proportionnelle à l'intensité du courant auxiliaire, en sorte qu'on arrive à régler la dureté du tube comme on le désire en agissant sur le rhéostat intercalé dans le circuit auxiliaire. Quand l'intensité augmente le tube devient plus mou. Le circuit auxiliaire est branché sur un réseau urbain quelconque.

L'extraction du radium en Australie. — D'après *La Nature*, les minerais australiens commencent à être utilisés pour la préparation du bromure de radium. On vient d'achever la préparation de 400 mg de ce sel et l'installation est capable actuellement de produire 40 mg par semaine. Le prix du bromure de radium pur dépassant 350 fr par milligramme, on voit que bien que la quantité produite annuellement soit de l'ordre du gramme, l'importance de l'installation au point de vue pécuniaire est néanmoins considérable.

VARIÉTÉS.

MACHINES A GRANDE VITESSE ANGULAIRE.

Calcul des efforts élastiques développés dans un disque mince en rotation rapide.

La place importante prise, depuis quelques années, dans la technique industrielle par les machines à grande vitesse de rotation impose à l'ingénieur le calcul assez complexe des efforts d'inertie développés dans certaines pièces tournantes à vitesse périphérique élevée et qui affectent généralement la forme de couronnes circulaires minces (disques de turbines à vapeur, tôle des turbo-machines électriques, volants à âme pleine, etc.). Ces efforts sont de deux sortes : d'abord les efforts centrifuges proprement dits, ensuite les efforts tangentiels dus aux variations brusques de vitesse et qui sont ou bien normales (volants Ilgner, etc.), ou bien accidentelles (courts circuits d'alternateurs, etc.).

Les méthodes élémentaires de calcul ne peuvent plus s'appliquer au cas actuel et il est nécessaire de recourir aux équations générales de l'élasticité [1]. J'indiquerai d'une part les conditions dans lesquelles leur intégration peut s'effectuer d'une façon simple et d'autre part la signification précise des solutions obtenues.

I. MISE EN ÉQUATIONS. — Je supposerai que : 1° le disque est mince et son épaisseur varie lentement, sauf en un nombre limité de points de discontinuité;

2° Le disque est de révolution autour de son axe de rotation pris pour axe des z;

3° Le disque admet un plan de symétrie perpendiculaire à son axe de rotation, plan qui est pris pour celui des xy;

4° La périphérie externe du disque (distance à l'axe $\rho = R$) est libre et soumise seulement à des efforts tangentiels (efforts électromagnétiques, choc ou pression de vapeur) uniformément répartis le long de celle-ci.

5° Les conditions de raccordement du disque à sa périphérie interne ($\rho = r$) et en général toutes celles qui pourraient lui être imposées, présentent une parfaite symétrie circulaire, qui s'exprime avec les coordonnées choisies par la relation

$$\frac{\partial}{\partial\varphi} = 0,$$

et les seules forces qui lui sont appliquées sur cette face sont des forces tangentielles ou normales à l'axe de rotation.

Je définis un point du disque au moyen du système de coordonnées cylindriques

$$x = \rho\cos\varphi, \qquad y = \rho\sin\varphi, \qquad z$$

rapporté aux axes précédemment définis.

Soient

$$z_1 = f_1(\rho), \qquad z_2 = f_2(\rho),$$

les équations des deux méridiennes qui engendrent les deux surfaces latérales du disque. Je supposerai d'abord que ces fonctions ne présentent pas de discontinuité. L'épaisseur ε du disque à la distance ρ de l'axe est

$$\varepsilon = f_1(\rho) - f_2(\rho).$$

Le plan des xy étant un plan de symétrie

$$f_2(\rho) = -f_1(\rho) = f(\rho).$$

Donc

$$\varepsilon = 2f(\rho).$$

Soient ω la vitesse angulaire du disque; η la densité du métal; T l'effort tangentiel, rapporté à l'unité de surface, qui s'exerce à la périphérie externe du disque; θ la dilatation cubique; u, v, w les composantes du déplacement élastique d'un point suivant les trois courbes de coordonnées

$$\varphi = \text{const.}, \quad z = \text{const.},$$
$$z = \text{const.}, \quad \rho = \text{const.},$$
$$\rho = \text{const.}, \quad \varphi = \text{const.}$$

passant par le point considéré;

$$p_{\rho\rho},\ p_{\rho\varphi},\ p_{\rho z},\ p_{\varphi\rho},\ p_{\varphi\varphi},\ p_{\varphi z},\ p_{z\rho},\ p_{z\varphi},\ p_{zz}$$

les projections sur ces trois directions des efforts qui s'exercent sur des facettes respectivement normales aux trois courbes de coordonnées. On sait d'ailleurs que

$$p_{mn} = p_{nm}.$$

Les seules forces qui s'exercent sur l'unité de volume $d\tau$ sont les forces d'inertie (en négligeant la pesanteur) dont les projections sur les trois courbes de coordonnées sont

$$\eta\omega^2\rho\, d\tau, \qquad \eta\rho\frac{d\omega}{dt}d\tau, \qquad 0.$$

Les équations du problème sont de deux sortes :

a. Équations indéfinies de l'équilibre élastique qui lient les efforts et les déformations aux forces appliquées sur les masses élémentaires du disque : elles s'écrivent [1] en tenant compte de ce que la symétrie circulaire imposée à toutes les données entraîne aussi pour les fonctions

(1) MM. Rousseau et Bievez, dans les *Annales des Travaux publics de Belgique* (juin 1911), ont traité ce problème quoique d'une façon moins étendue. Je renvoie le lecteur à l'important Mémoire de ces auteurs.

(1) RESAL, *Physique mathématique*, t. I, p. 147 et 167.

inconnues la condition $\frac{\partial}{\partial \varphi} = 0$:

$$
(\text{I}) \left\{
\begin{array}{ll}
(1) & \frac{\partial p_{\rho\rho}}{\partial \rho} + \frac{\partial p_{\rho z}}{\partial z} + \frac{p_{\rho\rho} - p_{\varphi\varphi}}{\rho} = \eta\rho\omega^2, \\
(2) & \frac{\partial p_{\varphi\rho}}{\partial \rho} + \frac{\partial p_{\varphi z}}{\partial z} + \frac{2}{\rho} p_{\varphi\rho} = \eta\rho \frac{d\omega}{dt}, \\
(3) & \frac{\partial p_{zz}}{\partial z} + \frac{\partial p_{\rho z}}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho} p_{\rho z} = 0.
\end{array}
\right.
$$

$$
(\text{II}) \left\{
\begin{array}{ll}
(4) & \theta = \frac{\partial u}{\partial \rho} + \frac{u}{\rho} + \frac{\partial w}{\partial z}, \\
(5) & p_{\rho\rho} = -\left(\lambda\theta + 2\mu \frac{\partial u}{\partial \rho}\right), \\
(6) & p_{\varphi\varphi} = -\left(\lambda\theta + \frac{2\mu}{\rho} u\right), \\
(7) & p_{zz} = -\left(\lambda\theta + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z}\right), \\
(8) & p_{z\varphi} = -\mu \frac{\partial v}{\partial z}, \\
(9) & p_{z\rho} = -\mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial \rho}\right), \\
(10) & p_{\rho\varphi} = -\mu \left(\frac{\partial v}{\partial \rho} - \frac{v}{\rho}\right),
\end{array}
\right.
$$

où λ et μ ont la signification habituelle. On pourra très approximativement prendre, E désignant le coefficient d'élasticité et m le coefficient de contraction transversale,

$$\lambda = \mu = \frac{2}{5} E, \qquad m = \frac{2(\lambda + \mu)}{\lambda} = 4.$$

b. Équations aux limites qui déterminent les intégrales des systèmes précédents d'après les forces, soit extérieures, soit de liaison, appliquées à la surface du disque. Elles forment trois groupes qui correspondent :

1° A la surface extérieure périphérique

$$\rho = R,$$

dont la normale a pour cosinus directeurs par rapport aux tangentes aux trois courbes de coordonnées qui passent en ce point

$$1, \quad 0, \quad 0;$$

2° Aux surfaces latérales où les cosinus directeurs de la normale en un point de cette surface sont :

$$\pm \frac{f'(\rho)}{\sqrt{1 + f'^2(\rho)}}, \quad 0, \quad \mp \frac{1}{\sqrt{1 + f'^2(\rho)}};$$

3° A la surface périphérique interne

$$\rho = r$$

où les cosinus directeurs en un point de cette surface sont

$$-1, \quad 0, \quad 0.$$

Les deux premiers groupes d'équations s'obtiennent très simplement en écrivant que les composantes des tensions élastiques qui s'exercent sur un élément superficiel du disque, dont je viens de définir la direction, sont égales et de signes contraires aux forces extérieures appliquées à cet élément. On trouve à la périphérie externe, pour $\rho = R$,

$$
(\text{III}) \left\{
\begin{array}{ll}
(11) & p_{\rho\rho} = 0, \\
(12) & p_{\varphi\rho} = -T, \\
(13) & p_{z\rho} = 0;
\end{array}
\right.
$$

sur les surfaces latérales pour $z = \pm f(\rho)$,

$$
(\text{IV}) \left\{
\begin{array}{ll}
(14) & p_{\rho\rho} f'(\rho) - p_{\rho z} = 0, \\
(15) & p_{\varphi\rho} f'(\rho) - p_{\varphi z} = 0, \\
(16) & p_{z\rho} f'(\rho) - p_{zz} = 0;
\end{array}
\right.
$$

à la périphérie interne pour $\rho = r$,

$$
(\text{V}) \left\{
\begin{array}{ll}
(17) & p_{\rho\rho} = R', \\
(18) & p_{\rho\varphi} = T', \\
(19) & p_{\rho z} = 0,
\end{array}
\right.
$$

équations qui peuvent être remplacées par des équations de continuité entre le disque et son moyeu lorsque la liaison entre eux est moléculairement intime. D'ailleurs R' peut être fonction de $p_{\rho\rho}$ (disque entré par forcement sur son arbre) et l'équation (18) n'est pas distincte de l'équation (12), car le couple à la phériphérie externe défini au moyen de T détermine T' par l'accélération angulaire $\frac{d\omega}{dt}$ et le moment d'inertie du disque.

II. Solution approximative. — Le problème se pose de la façon suivante : Trouver un système d'intégrales des systèmes (I) et (II) satisfaisant aux équations aux limites (III), (IV) et (V).

Je remarquerai tout d'abord que le plan des xy étant un plan de symétrie du disque et aussi des forces extérieures qui le sollicitent, ce plan joue un rôle spécial de symétrie par rapport aux fonctions inconnues et l'on peut tenir pour certain que celles-ci reprennent la même valeur absolue quand on change z en $-z$. Il en résulte que, dans l'épaisseur du disque, les développements des fonctions inconnues en série de Mac Laurin par rapport à la variable z ne contiennent que des termes d'ordre pair ou des termes d'ordre impair.

Il n'est pas douteux d'ailleurs, d'après la nature de la déformation, que u et v sont des fonctions paires de z, tandis que w en est une fonction impaire. Des équations (II) on peut conclure qu'il en est respectivement de même des fonctions $p_{\rho\rho}$, $p_{\varphi\varphi}$, p_{zz}, $p_{\rho\varphi}$ d'une part et $p_{z\rho}$, $p_{z\varphi}$ d'autre part.

Pour les fonctions paires de z on pourra, aux termes du deuxième ordre près, les considérer comme fonction de la seule variable ρ et substituer aux valeurs réelles, du moins quant aux efforts $p_{\rho\rho}$, $p_{\varphi\varphi}$, $p_{\rho\varphi}$ les plus intéressants à connaître, les valeurs moyennes P qu'ils auraient, s'ils étaient uniformément répartis dans l'épaisseur du disque,

$$(20) \qquad \int_{-f}^{+f} p \, dz = P\varepsilon.$$

Quant aux fonctions impaires de z elles seront, aux termes du troisième ordre près, de la forme

$$z.F(\rho).$$

Je transformerai donc les équations (I) en tenant compte des équations aux limites (IV) de façon à faire apparaître ces valeurs moyennes. A cet effet, je multiplierai les deux premières par dz et j'intégrerai entre les limites $-f$ et $+f$. D'une part, l'équation (20) dérivée par rapport à ρ s'écrit:

$$\frac{d}{d\rho}(P\varepsilon)=\int_{-f}^{+f}\frac{\partial p}{\partial\rho}dz+(p)_{z=f}f'(\rho)-\{(p)_{z=-f}[-f'(\rho)]\}$$
$$=\int_{-f}^{+f}\frac{\partial p}{\partial\rho}dz+2(p)_{z=f}f'(\rho),$$

puisque

$$(p)_{z=-f}=(p)_{z=+f}.$$

Donc

$$\int_{-f}^{+f}\frac{\partial p}{\partial\rho}dz=\frac{d}{d\rho}(P\varepsilon)-(p)_{z=f}\frac{d\varepsilon}{d\rho}.$$

Déterminant d'autre part la valeur des intégrales

$$\int_{-f}^{+f}\frac{\partial p}{\partial z}dz=(p)_{z=+f}-(p)_{z=-f}$$

au moyen des équations aux limites (14) et (15) les équations (1) et (2) après intégration s'écriront :

$$\frac{d}{d\rho}(P_{\rho\rho}\varepsilon)+\left[-(p_{\rho\rho})_{z=f}\frac{d\varepsilon}{d\rho}+(p_{\rho\rho})_{z=f}\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right]+\frac{\varepsilon P_{\rho\rho}-\varepsilon P_{\varphi\varphi}}{\rho}=\eta\rho\omega^2\varepsilon,$$

$$\frac{d}{d\rho}(P_{\rho\varphi}\varepsilon)+\left[-(p_{\rho\varphi})_{z=f}\frac{d\varepsilon}{d\rho}+(p_{\rho\varphi})_{z=f}\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right]+\frac{2}{\rho}(\varepsilon P_{\rho\varphi})=\eta\rho\frac{d\omega}{dt}\varepsilon,$$

où les termes entre crochets se détruisent.

Une semblable transformation pourrait s'effectuer sur l'équation (3), mais elle ne donnerait aucune indication, car cet effort étant une fonction impaire de z, sa valeur moyenne définie par l'équation (20) est toujours nulle.

Mais si l'on observe que $p_{\rho z}$ étant en effet de la forme $zF(\rho)$ d'une part et que, d'autre part, $f'(\rho)$ étant du même ordre que $f(\rho)$, puisque l'épaisseur du disque varie lentement par hypothèse, le premier terme de l'équation (16) est négligeable comme étant du second ordre, on en conclura que p_{zz}, toujours aux termes du second ordre près, peut être pris égal à zéro dans toute l'épaisseur du disque.

En définitive, le système (I) s'écrira :

$$\text{(VI)}\begin{cases}(21)\quad \dfrac{d}{d\rho}(\varepsilon p_{\rho\rho})+\dfrac{\varepsilon p_{\rho\rho}-\varepsilon p_{\varphi\varphi}}{\rho}=\eta\omega^2\rho\varepsilon,\\ (22)\quad \dfrac{d}{d\rho}(\varepsilon p_{\rho\varphi})+\dfrac{2}{\rho}(\varepsilon p_{\rho\varphi})=\eta\rho\dfrac{d\omega}{dt}\varepsilon,\\ (23)\quad p_{zz}=0,\\ (24)\quad \dfrac{\partial p_{\rho z}}{\partial z}+\dfrac{1}{\rho}p_{\rho z}=0.\end{cases}$$

Il est relativement aisé de trouver, au même ordre d'approximation, un système d'intégrales vérifiant les relations (VI) et (II) ainsi que les équations aux limites (III) et (V) qui constituera une solution approchée du problème.

La relation (8) donne immédiatement

$$(25)\qquad p_{z\varphi}=0$$

et la relation (24), en tenant compte de l'équation aux limites (13),

$$(26)\qquad p_{z\rho}=0.$$

D'autre part, (22), linéaire par rapport à $\varepsilon p_{\rho\varphi}$, s'intègre aisément

$$(27)\qquad \varepsilon p_{\rho\varphi}=\eta\frac{d\omega}{dt}\rho^{-2}\int\varepsilon\rho^3 d\rho+A\rho^{-2},$$

A étant une première constante d'intégration. L'équation (10) permet d'en déduire le déplacement élastique

$$(28)\qquad v=-\frac{\rho}{\mu}\int\frac{p_{\rho\varphi}}{\rho}d\rho+B\rho.$$

La constante d'intégration B peut en général être prise égale à zéro, car le terme $B\rho$ correspond à une rotation d'ensemble du disque.

Pour le calcul de $p_{\rho\rho}$ et $p_{\varphi\varphi}$, il est commode de passer d'abord au calcul de u. Des équations (23) et (7) on déduit

$$(29)\qquad \frac{\partial w}{\partial z}=-\frac{\lambda}{2\mu}\theta,$$

d'où, en portant cette valeur dans (4),

$$(30)\qquad \theta\frac{\lambda+2\mu}{2\mu}=\frac{du}{d\rho}+\frac{u}{\rho}.$$

En éliminant θ, $p_{\rho\rho}$, $p_{\varphi\varphi}$ entre cette expression et les équations (5), (6) et (21), il vient

$$(31)\qquad \varepsilon\frac{d^2u}{d\rho^2}+\frac{du}{d\rho}\left(\frac{\varepsilon}{\rho}+\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right)-\frac{u}{\rho}\left(\frac{\varepsilon}{\rho}-\frac{1}{m}\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right)+\frac{\lambda+2\mu}{4\mu(\lambda+\mu)}\eta\omega^2\rho\varepsilon=0,$$

u est défini par une équation du deuxième ordre au moyen de deux constantes d'intégration C_1, C_2. Les équations (30), (5) et (6) permettent d'en déduire $p_{\rho\rho}$ et $p_{\varphi\varphi}$

$$(32)\qquad p_{\rho\rho}=\frac{-2\mu\lambda}{\lambda+2\mu}\left(\frac{u}{\rho}+m\frac{du}{d\rho}\right),$$

$$(33)\qquad p_{\varphi\varphi}=\frac{-2\mu\lambda}{\lambda+2\mu}\left(m\frac{u}{\rho}+\frac{du}{d\rho}\right).$$

Quant au déplacement élastique w, il résulte immédiatement de l'équation (29)

$$(34)\qquad w=-\frac{\lambda}{2\mu}\theta z.$$

On disposera enfin des trois constantes d'intégration A, C_1, C_2 de façon à satisfaire aux équations aux limites (III) et (V), ce qui est toujours possible, puisque sur les

six relations deux d'entre elles, (13) et (19), sont satisfaites d'elles-mêmes et que deux autres, (12) et 18), ne sont pas distinctes.

Les équations (25), (26), (27), (31), (32) et (33) définissent en chaque point du disque, sous réserve des approximations faites, l'état de contrainte élastique du métal en dynes par centimètre carré et solutionnent le problème.

Les efforts positifs sont des compressions et les efforts négatifs des extensions. Il ne reste plus qu'à s'assurer qu'en aucun point les déformations n'acquièrent des valeurs dangereuses.

L'ellipsoïde des efforts est ici réduit à une ellipse et les efforts principaux sont l'un nul, les autres racines de l'équation

$$(35)\qquad P^2 - P(p_{\rho\rho}+p_{\varphi\varphi}) + (p_{\rho\rho}p_{\varphi\varphi} - p_{\rho\varphi}^2) = 0.$$

Si P_1 et P_2 sont les deux efforts principaux et si P_1 est le plus grand en valeur absolue, on devra avoir

$$(36)\qquad R \leqq \left| P_1 - \frac{P_2}{m} \right|,$$

m étant le coefficient de contraction transversale que l'on peut ici prendre égal à 4. Naturellement on devra tenir compte, par un coefficient de sécurité convenable, de ce que le maximum de la contrainte vraie, légèrement variable dans l'épaisseur du disque, dépasse certainement la contrainte moyenne obtenue.

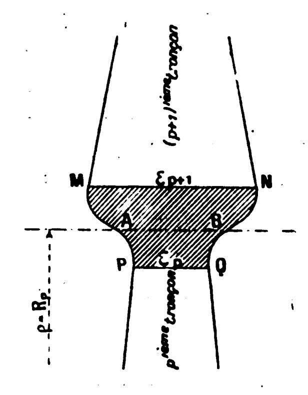
III. Controle des approximations faites. — Les approximations faites nous ont conduit, d'une part, à modifier les équations primitives et, d'autre part, à intégrer celles-ci au moyen de fonctions de formes simplifiées. Or cette simplification nous a permis d'arriver au résultat sans utiliser l'équation (9). La manière dont celle-ci sera vérifiée constituera un premier critérium de la validité des approximations. En effet, si l'on tient compte de (34), cette relation s'écrit

$$p_{z\rho} = \frac{\lambda}{2}\frac{d\theta}{d\rho}z$$

qui ne sera compatible avec (26) qu'autant que le disque sera assez mince pour que le produit $\left(\frac{\lambda}{4}\frac{d\theta}{d\rho}\varepsilon\right)$ soit négligeable devant les valeurs numériques des autres efforts [1].

Un second critérium nous sera fourni par les équations (IV). L'approximation que nous avons faite consiste à supposer les efforts assez uniformément répartis dans l'épaisseur du disque pour que leur valeur moyenne introduite par les équations (21) et (22) fournisse un renseignement intéressant sur ceux-ci. Les équations aux limites (14) et (15) devront être approximativement vérifiées par les valeurs numériques trouvées; en un mot, les produits $\frac{1}{2}p_{\rho\rho}\frac{d\varepsilon}{d\rho}$ et $\frac{1}{2}p_{\varphi\varphi}\frac{d\varepsilon}{d\rho}$ devront être suffisamment petits.

IV. Discontinuité dans l'épaisseur du disque. — J'ai supposé jusqu'ici que l'épaisseur du disque variait lentement. J'indiquerai en quelques mots comment mener le calcul lorsque l'épaisseur du disque présente des discontinuités en un certain nombre n de ces points du disque, c'est-à-dire quand, en chacun de ces points, l'épaisseur du disque subit une variation rapide à l'intérieur d'une couche mince de passage. On pourra décomposer le disque en $(n+1)$ tronçons à l'intérieur desquels



on calculera par les formules précédemment indiquées les éléments de la déformation en fonction de trois constantes d'intégration. Nous aurons en tout $3(n+1)$ constantes à déterminer. L'hypothèse que cette couche de passage est très mince permet de faire apparaître des équations de continuité en nombre suffisant pour la détermination de ces constantes.

J'aurai tout d'abord recours aux relations exactes (21) et (22) qui cependant ne lient que les valeurs moyennes des efforts $p_{\rho\rho}$, $p_{\varphi\varphi}$, $p_{\varphi\rho}$. Je multiplie celles-ci par $d\rho$ et j'intègre entre les deux faces MN, PQ de la couche de passage. Je peux légitimement supposer qu'aucun des trois efforts ne devient infini à son intérieur. Comme il en est de même de ε et que les limites d'intégration sont infiniment voisines, le résultat de l'intégration est immédiat :

$$(37)\qquad (\varepsilon p_{\rho\rho})_{p+1} - (\varepsilon p_{\rho\rho})_p = 0,$$
$$(38)\qquad (\varepsilon p_{\rho\varphi})_{p+1} - (\varepsilon p_{\rho\varphi})_p = 0,$$

ces relations liant les valeurs que prennent les expressions entre parenthèses pour $\rho = R_p$ dans le $(p+1)^{\text{ième}}$ tronçon et dans le $p^{\text{ième}}$ tronçon.

Pour terminer le calcul des éléments de la discontinuité, il faudrait s'adresser à l'équation (3) et aux efforts de contraction transversale qui achèvent de définir la liaison entre les deux tronçons considérés. Mais une relation obtenue dans cet ordre d'idées ne nous fournirait aucun élément utilisable, à cause des hypo-

---

[1] Il eût été plus rationnel, dans l'intégration de nos équations, de tenir tout d'abord compte de (9). w alors serait présenté sous la forme $w = Cz$ et l'on eût pu disposer de la constante C de façon que l'équation (16) fût moyennement vérifiée. Mais cette manière de procéder aurait augmenté d'une unité les constantes d'intégration à déterminer et compliqué leur calcul, C figurant alors dans l'équation (31). C'est pourquoi nous avons conservé sur ce point la marche indiquée par MM. Rousseau et Bievez.

thèses contradictoires que nous avons faites sur ces efforts [1]. Il faut recourir à une relation approchée d'une autre nature. Je remarquerai qu'en fait, si la couche de passage n'est pas infiniment mince, du moins elle est, en général, peu épaisse et la pratique montre qu'à son intérieur les dilatations et glissements (qui définissent la contrainte imposée au métal) n'y atteignent pas des valeurs excessives. On aura donc, approximativement, à travers la discontinuité et relativement à la dilatation $\delta\rho$ par exemple,

$$\int_{PQ}^{MN} \delta\rho \, d\rho = \int_{PQ}^{MN} \frac{\partial u}{\partial \rho} d\rho \simeq 0,$$

d'où

$$(39) \qquad (u)_{p+1} - (u)_p = 0,$$

$(u)_{p+1}$ et $(u)_p$ étant les valeurs que prend pour $\rho = R_p$ la quantité u de part et d'autre de la discontinuité. Exprimant donc dans chacun des n tronçons les variables u, $p_{\rho\rho}$, $p_{\rho\varphi}$ en fonction des diverses constantes inconnues et faisant successivement dans ces relations $\rho = R_1 \ldots$, $\rho = R_p \ldots$, $\rho = R_n$, distances à l'axe qui fixent les positions des n points de discontinuité, on aura pour chacun de ces points les trois équations (VII) :

$$(\text{VII}) \quad \begin{cases} (\varepsilon p_{\rho\rho})_{p+1} - (\varepsilon p_{\rho\rho})_p = 0, \\ (\varepsilon p_{\rho\varphi})_{p+1} - (\varepsilon p_{\rho\varphi})_p = 0, \\ (u_{p+1}) - (u_p) = 0, \\ \text{pour} \qquad \rho = R_p \end{cases}$$

qui, jointes aux équations (11), (12), (17) des systèmes (III) et (V), fourniront les $3(n+1)$ relations permettant le calcul des $3(n+1)$ constantes [2].

On peut objecter, il est vrai, que les formules obtenues, formées dans le cas d'une répartition à peu près uniforme des efforts dans l'épaisseur du disque et applicables loin de la section de discontinuité, cessent d'avoir aucun sens au voisinage de la couche de passage et qu'en conséquence les formules (VII) ne donnent qu'une détermination illusoire des constantes. Il est toutefois permis de penser que les courbes de raccordement MAP et NBQ qui s'attachent précisément à assurer cette uniformité de répartition [3] y parviennent d'une façon suffisante.

V. Disque et moyeu; moyeu entré sur l'arbre par forcement. — Dans chaque cas particulier, l'ingénieur devra disposer des équations aux limites (V) suivant la manière dont le disque est rattaché à son moyeu ou relié à l'arbre.

J'indiquerai comment conduire le calcul dans le cas où le disque est venu de fonderie avec son moyeu et où celui-ci est entré sur l'arbre par forcement. On peut admettre alors que le moyeu fait partie du disque, mais qu'il y a une discontinuité dans l'épaisseur au passage du disque au moyeu proprement dit. Dans ces conditions, les équations de continuité (VII) permettent de reporter la formation des équations (V) à la circonférence de contact entre l'arbre et le moyeu.

Soient r_0 le rayon moyen de la circonférence de contact entre l'arbre et le moyeu, x la valeur exacte de ce rayon dans l'état contraint considéré, r_b et r_m le rayon de l'arbre et le rayon intérieur du moyeu à l'état libre, $\mathcal{E}$ et E le cœfficient d'élasticité de ces deux pièces.

La différence $r_b - r_m$ est une donnée de construction définie par les circonstances particulières de marche de la machine ou, si celle-ci est déjà construite et qu'il s'agisse d'une vérification de ses conditions de résistance, cette différence peut être déterminée au moyen de la pression fournie par la presse hydraulique à la fin de l'assemblage [1].

Les vitesses dans le moyeu étant toujours très réduites, donc aussi les accélérations, les efforts dus aux forces d'inertie propres de celui-ci sont négligeables devant ceux qui lui sont transmis par le disque. Si l'on admet, d'autre part, que le moyeu a une épaisseur constante, les formules établies plus haut, qui se réduisent ici à celles de Lamé, donnent immédiatement

$$(40) \qquad u = \frac{\alpha}{\rho} + \beta\rho$$

et

$$(41) \qquad p_{\rho\varphi} = \frac{k}{\rho^2}.$$

D'autre part, si dans l'état contraint considéré N désigne la réaction normale qui s'exerce entre le moyeu et l'arbre on a [2]

$$r_b - x = \frac{3}{4}\frac{N}{\mathcal{E}} r_0,$$

d'où

$$x = r_b - \frac{3}{4}\frac{N}{\mathcal{E}} r_0.$$

D'autre part, le déplacement élastique du moyeu sur la circonférence de contact est

$$(42) \qquad x - r_m = (r_b - r_m) + \frac{3}{4}\frac{N}{\mathcal{E}} r_0 = \frac{\alpha}{r_0} + \beta r_0.$$

Mais p_{zz} étant nul dans le moyeu on trouve, en tenant compte de (32),

$$N = (p_{\rho\rho})_{\rho=r_0} = \frac{-2\mu\lambda}{\lambda+2\mu}\left(\frac{u}{\rho} + m\frac{du}{d\rho}\right)_{\rho=r_0}.$$

---

(1) *Voir* le paragraphe précédent.

(2) Les constantes B, comme je l'ai signalé plus haut, présentent une indétermination relative et leur calcul ne servant qu'à celui de ν offre peu d'intérêt. Si cependant on voulait l'effectuer, une relation approximative

$$(\nu)_{p+1} - (\nu)_p = 0$$

permettrait de fixer les valeurs relatives de ces quantités au passage de chaque discontinuité.

(3) Rousseau et Bievez, *loc. cit.*, p. 401.

(1) *Voir* Brunswick et Aliamet, *Construction des induits à courant continu. L'arbre et ses tourillons ou rouleaux* (*Le Constructeur*).

(2) Resal, *Physique mathématique*, t. I, p. 215.

d'où

$$(43)\qquad N = 2\mu\frac{\alpha}{r_0^2} - \frac{2\mu(3\lambda+2\mu)}{(\lambda+2\mu)}\beta,$$

et en éliminant N entre (42) et (43)

$$\frac{\alpha}{r_0} + \beta r_0 = (r_b - r_m) + \frac{3}{2}\frac{\mu}{\mathfrak{C}}\frac{\alpha}{r_0} - \frac{3}{2}\frac{\mu(3\lambda+2\mu)}{\lambda+2\mu}\beta r_0.$$

Finalement les équations (V) s'écriront en introduisant le coefficient d'élasticité E du moyeu

$$\lambda = \mu = \frac{2}{5}E,$$

$$(\text{V } bis)\quad \begin{cases} \dfrac{\alpha}{r_0}\left(1 - \dfrac{3}{5}\dfrac{E}{\mathfrak{C}}\right) + \beta r_0\left(1 + \dfrac{E}{\mathfrak{C}}\right) = r_b - r_m, \\ \dfrac{k}{r_0^2} = T', \\ p_{\rho z} = 0, \end{cases}$$

qui solutionnent le problème de a détermination des constantes d'intégration dans le cas particulier considéré.

VI. Intégration de l'équation en u et marche générale du calcul. — L'équation (31)

$$(31)\quad \frac{d^2u}{d\rho^2} + \frac{du}{d\rho}\left(\frac{1}{\rho} + \frac{1}{\varepsilon}\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right) - \frac{u}{\rho}\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{m\varepsilon}\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right) + \frac{\lambda+2\mu}{4\mu(\lambda+\mu)}\eta\omega^2\rho = 0$$

est une équation linéaire à deuxième membre. Si l'on détermine son intégrale générale sans deuxième membre on pourra, soit par la connaissance d'une intégrale particulière, soit par de simples quadratures, passer à son intégrale avec deuxième membre. Si, en général, il n'est pas possible d'intégrer cette équation même sans deuxième membre, car sa solution dépend de celle d'une équation de Riccati [1] et si l'on doit alors recourir à une méthode d'approximations successives, par exemple la méthode très élégante de M. Picard [2], il existe néanmoins un cas très étendu d'intégration; c'est celui où l'on peut approximativement représenter ε par une fonction de la forme

$$(44)\qquad \varepsilon = \gamma\rho^{\delta},$$

on détermine aisément les constantes γ et δ de façon qu'aux extrémités pour $\rho = \rho_0$ et $\rho = \rho_1$, ε prenne les valeurs exactes ε_0 et ε_1. Dans ces conditions,

$$\frac{1}{\varepsilon}\frac{d\varepsilon}{d\rho} = \frac{\delta}{\rho},$$

$$\frac{1}{\rho} + \frac{1}{\varepsilon}\frac{d\varepsilon}{d\rho} = \frac{1+\delta}{\rho},$$

$$\frac{1}{\rho} - \frac{1}{m\varepsilon}\frac{d\varepsilon}{d\rho} = \frac{1 - \dfrac{\delta}{m}}{\rho}$$

et l'équation sans deuxième membre s'écrira

$$\rho^2\frac{d^2u}{d\rho^2} + (1+\delta)\rho\frac{du}{d\rho} - \left(1 - \frac{\delta}{m}\right)u = 0.$$

Faisons le changement de variables

$$\rho = e^x,$$

il vient

$$\frac{dx}{d\rho} = e^{-x},$$

$$\frac{du}{d\rho} = \frac{du}{dx}e^{-x},$$

$$\frac{d^2u}{d\rho^2} = \frac{d}{dx}\left(\frac{du}{d\rho}\right)\frac{dx}{d\rho} = e^{-2x}\frac{d^2u}{dx^2} - e^{-2x}\frac{du}{dx}.$$

On trouve finalement

$$\frac{d^2u}{dx^2} + \delta\frac{du}{dx} - \left(1 - \frac{\delta}{m}\right)u = 0.$$

Posons

$$s_1 = \frac{-\delta - \sqrt{\delta^2 + 4\left(1 - \dfrac{\delta}{m}\right)}}{2},$$

$$s_2 = \frac{-\delta + \sqrt{\delta^2 + 4\left(1 - \dfrac{\delta}{m}\right)}}{2},$$

il vient

$$u = C_1 e^{s_1 x} + C_2 e^{s_2 x} = C_1\rho^{s_1} + C_2\rho^{s_2}.$$

On obtient d'autre part presque immédiatement une intégrale particulière de la proposée avec deuxième membre et l'intégrale générale cherchée est

$$(45)\quad u = C_1\rho^{s_1} + C_2\rho^{s_2} - \frac{(\lambda+2\mu)\eta\omega^2\rho^3}{\left[8 + \delta\left(3 + \dfrac{1}{m}\right)\right]4\mu(\lambda+\mu)}.$$

Nous avons supposé $\dfrac{d\varepsilon}{d\rho}$ petit. Il en résulte que δ sera lui-même petit en valeur absolue et que les racines s_1 et s_2 seront réelles et en général de signes contraires.

Si l'on pose

$$H = \frac{(\lambda+2\mu)\eta\omega^2}{\left[8 + \delta\left(3 + \dfrac{1}{m}\right)\right]4\mu(\lambda+\mu)},$$

on trouve finalement

$$(46)\quad p_{\rho\rho} = -\frac{2\mu\lambda}{\lambda+2\mu}\left[C_1\rho^{s_1-1}(1+ms_1) + C_2\rho^{s_2-1}(1+ms_2) - H(1+3m)\right].$$

$$(47)\quad p_{\varphi\varphi} = -\frac{-2\mu\lambda}{\lambda+2\mu}\left[C_1\rho^{s_1-1}(m+s_1) + C_2\rho^{s_2-1}(m+s_2) - H(m+3)\right].$$

On aura, d'autre part,

$$(48)\qquad p_{\rho\varphi} = \frac{\eta}{4+\delta}\frac{d\omega}{dt}\rho^2 + \frac{A}{\gamma}\rho^{-(2+\delta)}.$$

---

[1] Goursat, *Cours d'Analyse*, t. II, 1905, p. 424.
[2] Picard, *Traité d'Analyse*, t. III, 1908, p. 89.

Les formules relatives au disque d'égale épaisseur se déduisent des précédentes en y faisant $\delta = 0$. On pourrait, d'ailleurs, y arriver directement en faisant dans l'équation (31) le changement de variable

$$u = \beta\rho.$$

On trouve

$$\left\{\begin{aligned}
u &= C_1\rho + C_2\rho^{-1} - \frac{(\lambda + 2\mu)\eta\omega^2\rho^3}{32\mu(\lambda + \mu)},\\
p_{\rho\rho} &= -\frac{2\mu(3\lambda + 2\mu)}{\lambda + 2\mu}C_1 + 2\mu C_2\rho^{-2} + \frac{7\lambda + 6\mu}{16(\lambda + \mu)}\eta\omega^2\rho^2,\\
p_{\varphi\varphi} &= -\frac{2\mu(3\lambda + 2\mu)}{\lambda + 2\mu}C_1 - 2\mu C_2\rho^{-2} + \frac{5\lambda + 2\mu}{16(\lambda + \mu)}\eta\omega^2\rho^2,\\
p_{\rho\varphi} &= \frac{1}{4}\eta\frac{d\omega}{dt}\rho^2 + A'\rho^{-2},
\end{aligned}\right.$$

dont la forme se simplifie notablement en faisant

$$\lambda = \mu = \frac{2}{5}E.$$

Il me reste à montrer qu'on peut en pratique toujours représenter ε par une expression (44). En effet, comme γ et δ sont par hypothèse petits (δ généralement négatif), le rayon de courbure de la courbe (44)

$$(44) \qquad \varepsilon = \gamma\rho^\delta$$

est très grand, sauf pour ρ très petit, ce qui n'aura pas lieu en général, la distance à l'axe du point de raccordement du disque et de son moyeu étant toujours notable. Comme la méridienne du disque entre deux points de discontinuité est en pratique une droite ou une courbe à grand rayon de courbure, sa représentation par l'expression (44) est toujours licite ([1]).

Si cependant ρ devenait très petit (disque plein ou emmanché directement sur un arbre mince), on en serait quitte pour décomposer le disque en deux parties, en attribuant à celle qui avoisine le centre une épaisseur moyenne à peu près constante.

Il peut arriver que le profil de certains volants à âme pleine soit, pour des raisons de fonderie, légèrement ondulé et gauche. Il n'existe plus alors, à proprement parler, de plan de symétrie perpendiculaire à l'axe et l'on sort des hypothèses fondamentales posées au début de ce calcul. Néanmoins, comme ce volant différera somme toute fort peu d'un volant symétrique, on pourra, avec une approximative suffisante, exécuter le calcul comme si cette symétrie était exactement observée.

La manière de conduire le calcul dépendra naturellement des conditions particulières dans lesquelles on se trouvera. En général, cependant, on procédera de la façon suivante : on dimensionnera le disque en tenant compte des conditions spéciales qui lui sont imposées, des nécessités de fonderie, par analogie avec des appareils existants, au besoin en choisissant le rapport des épaisseurs aux extrémités d'un tronçon continu par la formule d'égale résistance donnée plus bas. Dans chacun de ces tronçons, on déterminera les constantes γ et δ par les formules simples suivantes où ε_0 et ε_1 sont les épaisseurs extrêmes correspondant aux rayons ρ_0 et ρ_1

$$\frac{\log\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0}}{\log\frac{\rho_1}{\rho_0}} = \delta, \qquad \gamma = \frac{\varepsilon_0}{\rho_0^\delta}.$$

Les formules (45), (46), (47) et (48) permettent ([1]) en tenant compte des équations aux limites (11), (12), (17) et, s'il y a plusieurs tronçons, des équations de passage (VII), de déterminer dans chacun de ceux-ci les trois constantes A, C_1, C_2 et de tracer le diagramme des efforts.

On sera alors conduit à modifier les épaisseurs en renforçant certaines parties et en allégeant d'autres, mais dans ce travail il faudra toujours supputer les répercussions d'une retouche en un point sur les tensions des points plus périphériques ou plus centraux.

Un nouveau calcul sur les données ainsi modifiées donnera, si toutefois les retouches ont été faites avec doigté, un diagramme des efforts assez satisfaisant pour qu'on puisse achever le dessin du disque.

VII. DISQUE D'ÉGALE RÉSISTANCE. — On sait que, si P_1 et P_2 désignent les deux efforts principaux ($P_3 = 0$), la contrainte ([2]) du métal est en grandeur et en signe

$$\mathcal{R} = P_1 - \frac{P_2}{m} \qquad |P_1| > |P_2|.$$

On peut se demander s'il est possible de déterminer la loi d'épaisseur du disque de façon que $\mathcal{R}$ reste constant, c'est-à-dire indépendant de ρ.

Il est presque évident que les conditions aux limites rendent le problème en général impossible. D'ailleurs, dans le cas d'un mouvement accéléré, la question n'a pas toujours un sens bien défini, les efforts $p_{\rho\varphi}$ dépendant des conditions extérieures qui produisent l'accélération. Par exemple, si une turbine conduit deux turbo-machines dont l'une subit un court circuit, l'accélération angulaire commune correspond à une distribution très différente de $p_{\rho\varphi}$ dans les deux rotors, le couple retardateur s'exerçant dans l'un à la périphérie externe (efforts électromagnétiques) et dans l'autre à la périphérie interne (par l'arbre). De même, dans les disques de la turbine, la distribution de $p_{\rho\varphi}$ sera, pour la même raison, très différente pendant le court circuit ou pendant l'emballement que provoquera l'inertie du régulateur après l'ouverture des disjoncteurs.

Je limiterai donc mon examen au cas défini d'une vitesse angulaire constante.

(1) Au besoin on décomposerait le disque en plusieurs parties de façon à avoir dans chacune d'elles une représentation plus exacte, mais les approximations faites au début rendent illusoire une semblable précision dans le calcul.

(1) Ces formules ne sont pas plus compliquées en épaisseur variable qu'en épaisseur constante.

(2) Par contrainte, j'entends le produit de la dilatation maxima en un point par le coefficient d'élasticité, produit homogène à un effort d'une part et qui, d'autre part, est seul atteint par l'expérience dans les essais de traction.

Dans ce cas, les deux efforts principaux sont $p_{\rho\rho}$ et $p_{\varphi\varphi}$, et les formules (32) et (33) permettent d'écrire ($p_{\varphi\varphi}$ étant en général supérieur à $p_{\rho\rho}$)

$$p_{\varphi\varphi} - \frac{p_{\rho\rho}}{m} = \frac{-2\mu\lambda}{\lambda+2\mu}\left(m - \frac{1}{m}\right)\frac{u}{\rho} = \mathcal{R},$$

d'où

$$\frac{u}{\rho} = -\mathcal{R}\,\frac{\lambda+2\mu}{2\mu\lambda}\,\frac{m}{m^2-1}.$$

Cette condition que $\frac{u}{\rho}$ est constant entraîne immédiatement, τ étant une nouvelle constante à laquelle les conditions du problème imposent d'ailleurs le signe négatif,

$$p_{\rho\rho} = p_{\varphi\varphi} = \tau.$$

En remplaçant $\mathcal{R}$ par sa valeur en fonction de τ, il vient

$$\frac{u}{\rho} = -\frac{\lambda+2\mu}{2\mu\lambda}\,\frac{\tau}{m+1}.$$

Pour qu'il en soit ainsi, il est nécessaire, mais non suffisant, que cette valeur de $\frac{u}{\rho}$ soit solution de l'équation (31), ce qui conduit, entre les coefficients de cette équation, à la relation

$$-\frac{\tau}{m+1}\left(\frac{1}{\rho} + \frac{1}{\varepsilon}\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right) + \frac{\tau}{m+1}\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{m\varepsilon}\frac{d\varepsilon}{d\rho}\right) + \frac{\eta\omega^2\rho}{m} = 0,$$

d'où

$$\frac{1}{\varepsilon}\frac{d\varepsilon}{d\rho} = \frac{\eta\omega^2\rho}{\tau}$$

et enfin

$$(49) \qquad \varepsilon = Me^{\frac{\eta\omega^2\rho^2}{2\tau}} \qquad (\tau < 0),$$

et l'équation (31) s'écrit

$$(50) \qquad \frac{d^2u}{d\rho^2} + \frac{du}{d\rho}\left(\frac{1}{\rho} + \frac{\eta\omega^2\rho}{\tau}\right) - \frac{u}{\rho}\left(\frac{1}{\rho} - \frac{\eta\omega^2\rho}{m\tau}\right) + \frac{\lambda+2\mu}{4\mu(\lambda+\mu)}\eta\omega^2\rho = 0$$

qui admet l'intégrale particulière

$$(51) \qquad u_0 = -\frac{\lambda+2\mu}{2\mu\lambda}\,\frac{\tau}{m+1}\rho$$

et dont l'intégrale générale est de la forme

$$(52) \qquad u = u_0 + C_1u_1 + C_2u_2.$$

On peut s'assurer que u_1 et u_2, solutions de (50) sans deuxième membre, ne sont pas de la forme

$$\frac{u}{\rho} = \text{const.}$$

Donc la loi d'épaisseur* (49) *n'assurera ni la constance des efforts* $p_{\rho\rho}$, $p_{\varphi\varphi}$, *ni celle de la contrainte imposée au métal, excepté cependant dans le cas où les conditions aux limites entraîneraient

$$C_1 = C_2 = 0.$$

Néanmoins on peut espérer que l'emploi de la formule (49) est une circonstance favorable à l'établissement, à une certaine distance des extrémités, de tensions à variations lentes et voisines de τ, l'influence des extrémités, marquée par les termes C_1u_1 et C_2u_2 se faisant surtout sentir au voisinage de celles-ci [1]. Mais précisément dans ce voisinage on ne pourra jamais se dispenser du calcul de l'intégrale générale (52) tant pour la formation des équations aux limites ou de continuité que pour s'assurer que la contrainte imposée au métal ne subit pas d'accroissements dangereux, et cette intégrale générale on la calculera simplement, comme je l'ai indiqué précédemment, en substituant à la courbe d'épaisseur (49)

$$(49) \qquad \varepsilon = Me^{\frac{\eta\omega^2\rho^2}{\tau}} \qquad (\tau < 0)$$

une courbe voisine

$$(44) \qquad \varepsilon = \gamma\rho^{\delta},$$

dont on déterminera les constantes γ et δ de manière que ces courbes aient deux points d'intersection aux extrémités considérées.

Dans un prochain article, je montrerai comment on peut aborder simplement certains cas de la pratique et j'étudierai en particulier les efforts qui prennent naissance dans un rotor de turbo-alternateur pendant un court circuit.

A. Guyau,
Ingénieur.

Sur la réalisation des grandes vitesses angulaires [2].

Cet important mémoire, qui n'occupe pas moins de 44 pages grand format, comprend trois parties. Dans la première, M. Maurice Leblanc montre l'intérêt de la réalisation des vitesses angulaires de l'ordre de 30000 t : min pour la construction soit de turbines à vapeur de faible puissance à une seule roue, soit d'alternateurs commandés par ces turbines, soit enfin de compresseurs rotatifs. Dans la seconde, l'auteur montre comment on peut réaliser ces énormes vitesses angulaires sans que les défauts d'équilibrage donnent des réactions exagérées sur les paliers en laissant le rotor choisir librement son axe de rotation. La troisième partie est consacrée à l'étude des dispositifs permettant de rétablir automatiquement l'équilibrage du rotor si celui-ci vient à être déformé par les forces centrifuges auxquelles il est soumis.

Nous donnons ci-dessous la reproduction intégrale de la première partie; nous avons dû, faute de place, éliminer la plupart des calculs des deux autres parties et n'indiquer que leurs résultats; nous n'avons pas cru cependant devoir

(1) Un peu sans doute comme en électrotechnique où les conditions particulières, à l'instant de la fermeture ou de l'ouverture des circuits, sont marquées par des termes transitoires dont l'influence diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de cet instant.

(2) Maurice Leblanc, *Bulletin de l'Association technique maritime*, n° 23, session de 1912.

écourter la description des ingénieux dispositifs auxquels M. Maurice Leblanc a été ainsi conduit.

I. Exposé de la question. — Il serait fort intéressant de pouvoir faire des turbines à vapeur, de toute puissance, à une seule roue. Elles pourraient très bien utiliser le travail disponible dans la vapeur, si leurs aubes atteignaient une vitesse périphérique de 430 m : s, comme dans les turbines de Laval.

Mais on ne peut obtenir une pareille vitesse périphérique en conservant une vitesse angulaire modérée et donnant un grand diamètre à la roue. Le travail absorbé par ses frottements, contre le milieu ambiant, croît en effet comme la cinquième puissance de son diamètre, alors qu'il ne croît que comme le cube de sa vitesse angulaire, ce qui conduit à faire ce diamètre aussi petit que possible. D'autre part, une grande roue serait lourde et coûteuse.

Enfin, une roue ayant une telle vitesse périphérique est un véritable obus en cage. Il faudra l'entourer d'une cuirasse fixe, dont le poids croîtra rapidement avec son diamètre.

Une grande vitesse périphérique doit donc être accompagnée d'une très grande vitesse angulaire.

Pour nous rendre compte de la vitesse angulaire qu'il conviendrait de communiquer à une turbine à une roue de puissance déterminée, considérons la roue représentée sur les figures 1 et 2. Elle provient d'une turbine de Laval, décrite par Stodola, et nous a paru remarquablement bien proportionnée.

La figure 1 représente une coupe faite par un plan

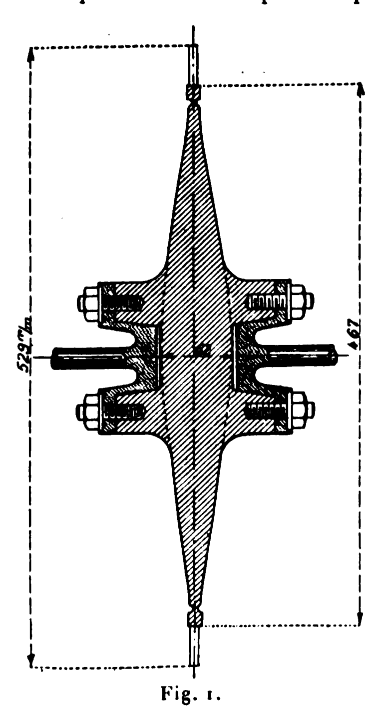


Fig. 1.

passant par l'axe de la roue. Son corps est un solide d'égale résistance non percé au centre. La figure 2 représente une aube, en grandeur d'exécution.

Comme l'a montré Stodola, les tuyères convergentes divergentes qu'il faut employer, lorsque la vapeur doit subir une grande détente, peuvent avoir un très bon rendement, mais à la condition que les pressions d'amont et d'aval aient des valeurs bien déterminées. Celui-ci diminue très vite, lorsque la pression diminue à l'amont,

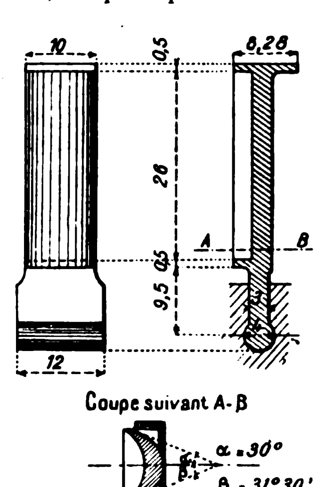


Fig. 2.

en demeurant constante à l'aval. La détente se prolonge trop loin dans la tuyère et est suivie d'une compression à l'extrémité de celle-ci. Il s'y produit des remous, qui consomment une grande partie de la force vive acquise par la vapeur.

On ne peut donc régler la marche d'une turbine à une seule roue en faisant varier la pression initiale de la vapeur, comme dans les turbines à roues multiples, où les tuyères sont simplement convergentes.

Il faut laisser constante la pression initiale de la vapeur et faire varier le nombre des tuyères en service, au moyen d'un vannage analogue à celui des turbines hydrauliques.

Le système de vannage le plus simple et qui nous paraît convenir le mieux, dans ce cas, est celui de Girard, avec lequel le fluide moteur n'est injecté que le long de deux quarts de circonférence diamétralement opposés de la roue, lorsque tous les distributeurs sont ouverts.

Lorsque la turbine doit fournir sa pleine puissance, la vapeur ne traverse que la moitié des canaux ménagés entre les aubes.

Dans ces conditions, la roue de turbine de 529 mm de diamètre représentée sur la figure 1 fournirait environ 300 chevaux, en tournant à la vitesse de 15 500 t : m (1).

Il sera logique de conserver les mêmes proportions relatives à la roue, lorsqu'on fera varier son diamètre. A égalité de vitesse périphérique, la contrainte subie par le

(1) Il convient que la pression d'aval soit aussi basse que possible : nous la supposerons de 55 mm de mercure. Nous admettrons que la vapeur sorte des tuyères à cette



métal demeurera la même en tous les points homologues.

La puissance croîtra comme le carré des dimensions linéaires et la vitesse angulaire leur sera inversement proportionnelle. Si nous désignons par d le diamètre de la roue d'une turbine de X chevaux et par n le nombre de tours par minute qu'elle devra faire, nous aurons les relations

$$d = 30{,}5\sqrt{X}\ \text{mm}, \qquad n = \frac{269\,000}{\sqrt{X}}.$$

Une roue géométriquement semblable à celle représentée sur les figures 1 et 2, et dont les dimensions seraient deux fois plus petites, serait encore constructible. Elle devrait tourner à la vitesse de 31 000 t : m, en développant une puissance de 75 chevaux.

Pour de plus faibles puissances, il conviendrait de changer le type de roue, car si l'on continuait à la faire géométriquement semblable à la première, les aubes deviendraient trop petites et l'on tomberait dans le domaine de l'horlogerie. Mais les vitesses angulaires continueraient toujours à croître à mesure que la puissance diminuerait.

A l'autre extrémité de l'échelle, la roue d'une turbine de 10^4 chevaux aurait 3,05 m de diamètre et tournerait à la vitesse de 2690 t : m.

Les nombres précédents n'ont rien d'absolu. Ils nous montrent seulement l'ordre de grandeur des vitesses angulaires à atteindre. Nous voyons ainsi que le nombre de tours à effectuer par minute peut dépasser 30 000 dans les petites machines.

De Laval a réduit la vitesse de ses turbines avec des engrenages. Westinghouse, avec de nouveaux engrenages d'une grande perfection, a déjà pu transmettre une puissance de 7000 chevaux. Ceux-là se comportent très bien. Pour qu'il en soit ainsi, il faut que leur rendement soit extrêmement élevé. Leur emploi ne peut donc abaisser d'une manière appréciable, le rendement général du système. Mais ils sont encombrants et chers. On aurait tout avantage à pouvoir s'en passer.

Les turbines servent surtout à conduire des compresseurs rotatifs et des alternateurs. Pour pouvoir utiliser, dans de bonnes conditions, des turbines à vapeur à une roue, il faudrait pouvoir faire des compresseurs et des alternateurs capables d'absorber toute leur puissance en tournant à leur vitesse.

Nous avons déjà fait un tel compresseur. Quant aux alternateurs, ils devraient fournir des courants de fréquence usuelle, c'est-à-dire comprise entre 15 et 50, en faisant un nombre de tours par seconde très supérieur à cette fréquence. Ce seraient nécessairement des alternateurs à collecteur excités par des courants alternatifs ayant eux-mêmes la fréquence demandée. Si l'on pouvait réaliser pratiquement de pareilles dynamos, on pourrait les employer aussi comme moteurs utilisant soit un courant continu, soit des courants alternatifs de fréquence usuelle et leur faire commander directement des compresseurs rotatifs à très grande vitesse angulaire, ce qui pourrait être très utile, lorsqu'on disposerait d'énergie électrique et non de vapeur.

Nous croyons avoir, dès à présent, résolu tous les problèmes relatifs à la réalisation de ces dynamos, mais nous ne nous en occuperons pas aujourd'hui, pas plus que des compresseurs.

Nous étudierons seulement les moyens d'obtenir pratiquement les très grandes vitesses angulaires, que nous devrons communiquer à nos divers rotors. Les difficultés à surmonter sont d'un ordre général et indépendantes de la nature du rotor.

Elles tiennent à l'énormité des forces d'inertie développées par la rotation.

Les ateliers savent assez bien équilibrer les diverses masses d'un rotor, autour de son axe de figure, pour qu'on puisse atteindre les vitesses voulues, avec des arbres rigides et des coussinets fixes, à la condition que les rotors soient indéformables.

Mais les efforts exercés sur les portées de l'arbre sont encore très supérieurs au poids du rotor ou aux réactions d'un engrenage ou d'une courroie. Il faut dimensionner très largement ces portées et les lubrifier avec de l'huile sous pression.

Les paliers et les bâtis doivent avoir une grande masse, pour limiter l'amplitude des vibrations dues au petit déséquilibrage inévitable du rotor et être extrêmement rigides. Au moment de la mise en route et de l'arrêt, alors que la fréquence des forces perturbatrices varie d'une manière continue, on risque fort de tomber sur une résonance qui amplifie beaucoup ces vibrations, d'où une fatigue imprévue pour tous les matériaux du stator et du rotor.

Aussi les petites machines, à grande vitesse angulaire, à arbre rigide et coussinets fixes, sont-elles plus lourdes, par rapport à leur puissance, que les grandes machines

---

pression et, par suite, à la température de 45° C., saturée mais sèche et animée d'une vitesse de 1200 m : s.

1 kg de vapeur, dans ces conditions, occupe un volume de 19,644 m³.

La surface de la couronne d'aubes de la turbine représentée sur la figure 1 est de

$$\pi\,[(52{,}8)^2 - (47{,}4)^2] = 425\ \text{cm}^2.$$

Les aubes se raccordent avec les faces de la roue suivant un angle de 30°. Le triangle des vitesses nous montre que la vitesse relative de la vapeur par rapport aux aubes, à son entrée dans la roue, est de 815 m : s, le long de la circonférence moyenne des aubes.

Le volume de vapeur qui traversera la roue en 1 seconde, lorsque toutes les tuyères seront en service, sera de

$$\frac{0{,}0425}{2} \times 815 \times \sin 30^\circ = 8{,}66\ \text{m}^3.$$

La masse de vapeur débitée par seconde sera de $\frac{8{,}66}{19{,}464} = 0{,}445$ kg, et la masse débitée à l'heure de 1600 kg.

Cette roue pourrait fournir environ 300 chevaux en tournant à la vitesse de 15 500 t : m, à raison de 5,33 kg de vapeur par heure et par cheval.

tournant moins vite. Les frottements des portées y absorbent, proportionnellement, plus de travail et leur rendement en souffre.

D'autre part, le stator vibre continuellement et communique souvent des vibrations insupportables à d'autres corps, par l'intermédiaire du sol. Enfin ces vibrations continuelles amènent des modifications dans la structure des matériaux, dont la résistance mécanique diminue d'autant plus vite que l'amplitude et la fréquence des vibrations sont plus grandes. Les machines à grande vitesse angulaire, à arbre rigide et coussinets fixes, vivent donc moins longtemps que les machines lentes, et c'est là la principale objection faite à leur emploi.

Enfin, si l'on a affaire à un rotor dans la constitution duquel entrent des matières organiques, qui sont éminemment déformables, on ne peut l'équilibrer une fois pour toutes, comme un rotor purement métallique, parce qu'il ne conserve pas son équilibrage.

La plupart de ces inconvénients disparaîtraient, si le rotor pouvait choisir, à chaque instant, son axe de rotation, comme pourrait le faire une toupie reposant sur une surface parfaitement polie.

Nous supposerons, dans tout ce qui va suivre, que le plus grand ou le plus petit des axes principaux d'inertie du rotor passant par son centre de gravité soit très voisin de son axe de figure, qui sera son axe normal de rotation.

Nous appellerons simplement *axe d'inertie du rotor* celui de ces axes d'inertie qui passera le plus près de son axe de figure.

Si le rotor était complètement libre, il tournerait naturellement autour de son axe d'inertie.

Or, il faut soutenir le *rotor*, au moyen de pièces élastiques; lui transmettre un couple, dans certains cas, et ramener constamment son axe réel de rotation à se confondre avec l'axe de figure du *stator*. Cela diminuera la liberté de ses mouvements, mais les forces à mettre en jeu pourront être très petites, par rapport à celles qui l'assujettiraient à tourner autour de son axe de figure.

Les dimensions des portées de l'arbre pourront alors être diminuées, de manière que leurs frottements n'absorbent pas plus de travail que dans une machine de même puissance à vitesse lente.

Plus les forces extérieures agissant sur l'axe de figure de l'arbre et limitant la liberté de ses déplacements seront petites, plus petite sera l'amplitude des vibrations communiquées au stator, à moins qu'elles ne soient amplifiées par des résonances, qu'il faudra soigneusement éviter. On pourra facilement rendre ces vibrations inoffensives.

On pourra réduire en même temps les masses du stator et alléger la machine.

Les pièces qui soutiendront le rotor et l'arbre ou le joint flexibles, qui lui transmettront un couple s'il y a lieu, seront reliées d'un côté soit à des points fixes, soit à un arbre tournant autour d'un axe fixe, et de l'autre aux extrémités de l'axe de figure du rotor.

Lor que l'axe d'inertie, autour duquel s'effectuera la rotation, ne coïncidera pas avec cet axe de figure, les extrémités de ce dernier décriront des cercles et les ressorts de suspension, ainsi que l'arbre ou le joint flexibles, vibreront continuellement, ce qui déterminera leur destruction rapide.

On devra s'ingénier à faire ces pièces légères, peu coûteuses et d'un remplacement facile. En laissant le rotor libre de choisir, à chaque instant, son axe de rotation, on aura obtenu ce précieux résultat de ne dépenser qu'un petit travail dans les coussinets et de protéger les organes fondamentaux de la machine, contre le vieillissement rapide dû aux mouvements vibratoires, en sacrifiant seulement des ressorts de suspension et un arbre ou un joint flexibles.

Néanmoins, si ces pièces se fatiguaient trop vite, il n'y aurait aucune sécurité de fonctionnement. Il faut encore que leurs vibrations soient de très faible amplitude et, par suite, que le rotor soit très bien équilibré, pour qu'elles-mêmes vivent longtemps.

Enfin le rotor doit généralement tourner avec un très faible jeu à l'intérieur du stator. S'il ne tournait pas autour d'un axe très voisin de son axe de figure, il faudrait augmenter ce jeu, et cela aux dépens du rendement de la machine.

Il résulte de ce qui précède qu'en équilibrant aussi bien qu'on le peut, en pratique, un rotor autour de son axe de figure, il est impossible de faire une bonne machine tournant avec une très grande vitesse angulaire, en lui donnant un arbre rigide et des coussinets fixes.

On peut y arriver, si le rotor est très bien équilibré, en lui laissant la faculté de tourner, non autour de son axe de figure, mais autour de son axe d'inertie ou d'un axe extrêmement voisin de ce dernier.

La liberté des mouvements du rotor et son bon équilibrage sont deux conditions à remplir simultanément pour arriver à un bon résultat. Il ne suffit pas de remplir l'une d'elles.

Or, la perfection relative de l'équilibrage est d'autant plus difficile à obtenir qu'on a affaire à un rotor plus petit et, par suite, devant tourner plus vite, c'est-à-dire précisément lorsqu'elle est le plus nécessaire. Elle ne peut l'être avec un rotor de dynamo, qui est facilement déformable.

Nous sommes venus à bout de cette difficulté en faisant des *équilibreurs automatiques* applicables aux rotors libres de choisir leur axe de rotation. Ces appareils très simples font partie de la machine et agissent pendant sa marche. Ils rétablissent immédiatement l'équilibrage, si le rotor vient à être déformé.

Nous allons étudier d'abord les moyens de rendre aussi libre que possible l'arbre d'un rotor, de manière que celui-ci puisse toujours tourner, sinon autour de son axe d'inertie, du moins autour d'un axe extrêmement voisin.

Nous décrirons ensuite nos équilibreurs automatiques.

II. Dispositions permettant a un rotor de choisir librement son axe de rotation. — Nous nous proposons de faire des turbo-alternateurs, des turbo-compresseurs et des électro-compresseurs. Nous associerons ainsi deux rotors, l'un moteur et l'autre mû. En les montant tous deux sur un même arbre, nous constituerons un rotor unique, qu'il nous faudra simplement supporter, sans avoir à lui transmettre aucun couple. C'est la disposition la plus simple.



Cependant, on pourrait nous demander d'actionner une transmission au moyen d'une turbine à grande vitesse, par l'intermédiaire d'un réducteur, ou d'actionner un petit compresseur avec une transmission existante, par l'intermédiaire d'un multiplicateur. Il nous faudrait alors transmettre un couple développé par un arbre, dont l'axe de rotation serait invariable, à l'arbre de notre rotor, qui devrait pouvoir choisir librement le sien.

L'arbre de transmission devant tourner, à l'une de ses extrémités, autour d'un axe invariable et, à l'autre, autour d'un axe différent et susceptible de changer de position, devrait nécessairement être flexible.

Nous l'appellerons *arbre flexible*, lorsqu'il servira à soutenir le rotor, en même temps qu'à lui transmettre un couple. Lorsque le rotor continuera à être supporté par deux coussinets, comme il est représenté sur la figure 3 et que l'arbre n'aura plus à le soutenir, nous appellerons celui-ci *joint flexible*.

Nous étudierons d'abord le cas où il suffit de suspendre le rotor. Nous examinerons ensuite la question de l'arbre et du joint flexibles.

Dans le premier cas, nous disposerons aux extrémités de l'arbre du rotor A (*fig.* 3) deux petites portées C, C.



Fig. 3.

Elles reposeront dans deux coussinets D, D, très légers.

Les coussinets seront soutenus par deux ressorts E, E : le rotor pourra se déplacer horizontalement ou verticalement en faisant varier leur flexion ou leur tension. S'ils sont très souples, les forces qu'ils opposeront aux déplacements des coussinets seront négligeables, par rapport à celles qu'il faudrait exercer sur ceux-ci, pour les maintenir fixes.

Les portées devront soutenir le rotor qui sera naturellement léger, par rapport à la puissance de la machine. Elles devront, de plus, vaincre les forces d'inertie opposées au déplacement de leurs coussinets. Plus les portées seront courtes, plus petite sera la masse des coussinets. Les forces qu'elles auront à exercer et les moments de ces forces, par rapport à leurs embases, diminueront. Cela permettra de réduire d'autant plus le diamètre des portées qu'elles seront plus courtes. Il conviendra de les dimensionner sensiblement, comme si elles n'avaient que le rotor à soutenir, en allégeant, autant que possible, les coussinets. Le travail absorbé par leurs frottements sera très petit.

Des ressorts se trouvant associés à une masse, des résonances seraient à craindre, pour une certaine vitesse critique ω. Mais, en rendant très souples les ressorts de suspension, nous pourrons la rendre très basse. ***Dans ces conditions, il n'y aura aucun inconvénient à caler les coussinets, au moment de la mise en marche, jusqu'à ce que cette vitesse critique*** ω ***ait été dépassée. De même, au moment de l'arrêt, on calera les coussinets, lorsque la vitesse de rotation se rapprochera de la vitesse critique.***

C'est le moyen le plus simple que nous ayons trouvé de nous opposer à la production de résonances dues à la suspension. Il est d'ailleurs facile de rendre ces opérations automatiques.

Il n'y aura pas d'autre résonance à redouter si le rotor ne peut se déformer, en passant par certaines vitesses.

Il convient, pour cela, que la première de ses vitesses critiques *propres*, correspondant au mode de suspension adopté, et qu'il ne faut pas confondre avec la vitesse ω, soit notablement supérieure à la vitesse maxima qu'on veut lui imprimer.

Cette condition est nécessaire. En effet, tout rotor, qui passe par une de ses vitesses critiques *propres*, est le siège de déformations dangereuses. Non seulement ses portées, si elles sont suspendues, comme il est représenté sur la figure 3, font des soubresauts, qui fatiguent beaucoup les coussinets et leurs ressorts, mais lui-même peut se briser, si la vitesse ne varie pas.

On ne peut limiter l'amplitude de ces déformations en entourant le rotor d'anneaux de garde fixes, car ou bien il roule sur eux, comme le cycliste qui « boucle la boucle [1] », sans vouloir quitter leur contact, même quand la vitesse change, ou bien rebondit contre eux, comme une toupie hollandaise.

Il n'y a qu'un moyen pratique de franchir une vitesse critique, c'est de communiquer, à ce moment, une très grande accélération positive ou négative au rotor, de manière que le régime n'ait pas le temps de s'établir. C'est assez facile, lorsque le moteur employé est une turbine à vapeur conduisant une dynamo. Il suffit de ne pas exciter celle-ci, pendant la mise en route, et de la laisser excitée pendant l'arrêt. Mais c'est très dangereux si le moteur est une dynamo munie d'un rhéostat de mise en route. On est à la merci de la moindre hésitation dans la manœuvre de ce dernier.

Au contraire, si la première vitesse critique *propre* du

---

[1] Nous avons essayé de nous servir de coussinets Parsons, dans lesquels le coussinet proprement dit était entouré d'un grand nombre de cylindres métalliques emboîtés les uns dans les autres et séparés par de minces couches d'huile.

Supposons, un instant, que les portées roulent sur les enveloppes des positions de leurs coussinets : le centre de gravité du rotor décrit un cercle de rayon ε. Soient M la masse du rotor et Ω sa vitesse angulaire, la force centrifuge développée sur le centre de gravité est $M\Omega^2\varepsilon$. Tant que cette force est plus petite que le poids du rotor, la pesanteur s'oppose à l'entretien du roulement.

Dans ces conditions, ces coussinets se comportent très bien et ils permettent d'éviter l'emploi de ressorts de suspension.

Mais, dès que la force centrifuge l'emporte sur le poids du rotor, c'est-à-dire dès que l'on a $\Omega > \sqrt{\frac{g}{\varepsilon}}$, le roulement se produit toujours et les réactions exercées sur les coussinets sont des plus vives.

rotor est notablement supérieure à sa vitesse normale de rotation, il ne subit jamais de contrainte plus grande qu'un rotor à petite vitesse angulaire et ne fatigue pas ses organes de suspension, s'il est bien équilibré.

Convenons de limiter la vitesse normale d'un rotor aux deux tiers de sa première vitesse critique *propre*. Il sera dans les meilleures conditions de conservation, quelqu'élevées que soient ces vitesses.

On pourrait craindre que cela conduisît à faire des rotors très courts et que, si cela n'était pas gênant, pour des turbines à vapeur à une seule roue, cela le devînt pour des compresseurs rotatifs, qui devraient encore comporter plusieurs roues, ou des dynamos, dont les rotors devraient être beaucoup plus longs que ceux des turbines.

Il n'en est heureusement rien, parce que, dans le cas qui nous intéresse, le rotor ne repose pas sur des coussinets fixes. Il ne peut donc s'arquer en s'appuyant dessus, comme il est représenté sur la figure 4, et ne peut se déformer qu'en prenant point d'appui sur lui-même, comme il est représenté sur la figure 5.

Or, la vitesse critique capable de déterminer la déformation représentée sur cette dernière figure est beaucoup plus élevée que celle qui détermine la déformation représentée sur la figure 4. Elle l'est suffisamment pour

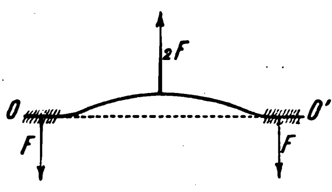


Fig. 4.

qu'on ne trouve, en pratique, aucune difficulté à remplir la condition voulue, en traçant les rotors.

Enfin, si l'on considère des rotors géométriquement semblables et constitués avec les mêmes matériaux, leurs diverses vitesses critiques *propres* sont inversement proportionnelles à leurs dimensions linéaires.

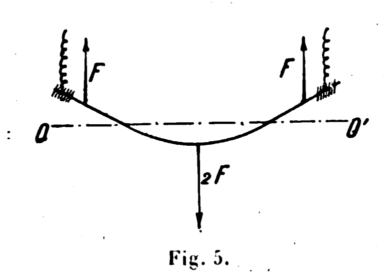


Fig. 5.

On peut donc leur communiquer, dans les mêmes conditions de sécurité, des vitesses angulaires inversement proportionnelles à leurs dimensions linéaires. C'est tout ce dont nous avons besoin.

La valeur absolue des vitesses angulaires n'a aucune importance. On n'a à considérer que leur rapport à la première des vitesses critiques *propres* du rotor qui doit les supporter.

Le plus souvent, lorsque nous associerons deux rotors de natures différentes sur un même arbre, l'un au moins d'entre eux, devra être muni de presse étoupes ou d'organes les remplaçant. Le diamètre de l'arbre commun des deux rotors devra être très réduit, à l'endroit de ces presse-étoupes, et le rotor résultant affectera la forme générale représentée sur la figure 6.

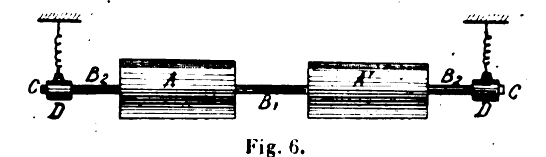


Fig. 6.

On démontre [1] qu'il est facile de rendre suffisamment élevée la première vitesse critique *propre* du rotor résultant tout en réduisant, comme il le convient, le diamètre de l'arbre B_1. Quant aux bouts d'arbre B_2, B_2, il suffit que leur vitesse critique *propre* en les supposant encastrés, à l'une de leurs extrémités, dans l'un des corps A et A' et chargés, à leur autre extrémité, de leurs coussinets, soit supérieure à la vitesse de rotation normale.

Dispositions pratiques. — Après divers essais, nous sommes parvenus aux dispositions suivantes (*fig.* 7) [2] :

Le rotor A muni d'équilibreurs automatiques, dont on voit l'un en B, est terminé par deux portées, dont l'une est figurée en C, très courtes et de petit diamètre. Chacune d'elles repose sur un coussinet D aussi léger que possible et surmonté d'une pièce de suspension E, en aluminium, qui s'appuie sur des rondelles en caoutchouc F. Celles-ci ne travaillant qu'à la compression ne peuvent se rompre. On peut les remplacer très rapidement lorsqu'elles deviennent dures.

Un tube G amène l'huile de graissage dans la pièce de suspension E, d'où elle arrive au centre du coussinet par un trou H.

Sur la surface du coussinet sont tracées deux rainures hélicoïdales tournant l'une à gauche et l'autre à droite. Elles partent du trou H et débouchent à l'extérieur. L'huile entraînée par la rotation de la portée les parcourt en lubrifiant celle-ci et est finalement recueillie dans deux coquilles I et J, qui communiquent avec l'entrée K d'une conduite de retour.

Grâce à ces dispositions la portée peut se déplacer comme elle le veut, tout en continuant à être lubrifiée et en n'ayant à surmonter que les faibles efforts nécessaires pour déformer les rondelles en caoutchouc et vaincre l'inertie du coussinet et de la suspension E.

Sur la figure 8 on voit le dispositif qui sert à ramener l'axe du coussinet dans l'axe du rotor et à le caler, au moment du passage par la vitesse critique.

---

[1] Cette démonstration est donnée dans le Mémoire original; elle est suivie d'une *théorie de l'arbre flexible* et d'une *théorie du joint flexible* non reproduite ici.

[2] Toute la partie expérimentale de cette étude a été faite dans l'usine du Havre de la Société anonyme Westinghouse, par les soins de M. Buss, ingénieur en chef de cette Société, et notre dévoué et habile collaborateur.



Cette figure représente une portion de coupe perpendiculaire à l'axe de la machine, passant par le milieu du coussinet.

Sur celui-ci s'appuient deux petits sabots de frein ζ, ζ en fibre, portés par des ressorts η, η, ayant reçu une forte bande initiale et qui tendent à appuyer les sabots contre les coussinets.

Lorsque le coussinet est dans sa position de repos,

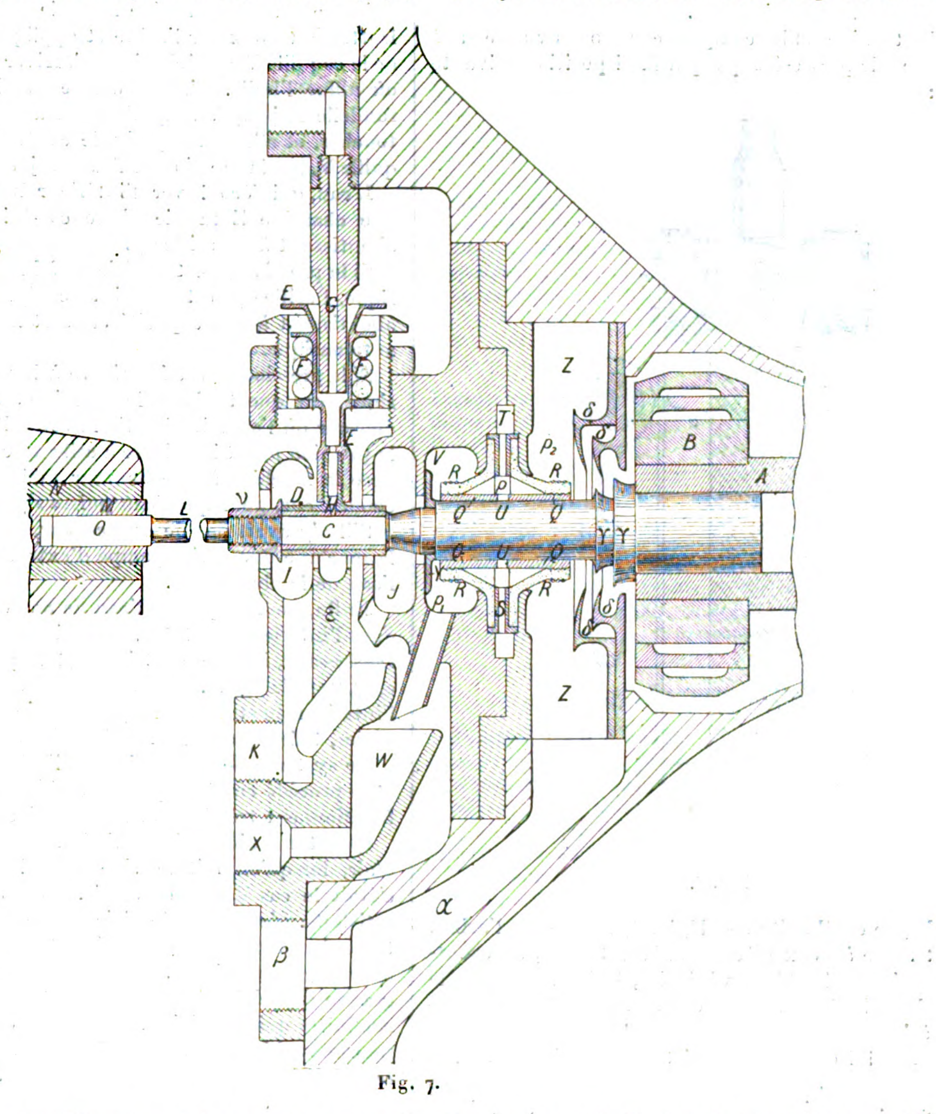


Fig. 7.

ces bandes initiales s'équilibrent sur lui ; mais dès que ses oscillations atteignent une amplitude appréciable, l'un ou l'autre des ressorts vient s'appuyer contre l'une des butées θ, θ, portées par la pièce ε. Il cesse en même temps de s'appuyer contre le coussinet, qui ne peut continuer à se déplacer sans avoir à surmonter la bande initiale de l'autre ressort, ce qui l'arrête dans son mouvement.

Pour caler le coussinet, il suffit de manœuvrer l'excentrique ϰ monté sur un axe fixe λ, en relevant la manette μ. On applique ainsi l'un des ressorts contre sa butée θ et l'autre ressort serre le coussinet, entre les deux sabots ζ, ζ avec toute sa bande initiale. Cela suffit pour immobiliser le coussinet, pendant le passage par la vitesse critique. Une fois celle-ci dépassée, on rabaisse la manette μ.

Sur notre appareil d'essai, qui était conduit par un engrenage de turbine de Laval, employé comme multiplicateur et actionné par une dynamo, nous n'avons pas rendu automatique la manœuvre de la manette μ, parce que nous ne disposions pas de tachymètre. Cela ne présenterait d'ailleurs aucune complication, la machine devant être le plus souvent munie d'un régulateur de vitesse, dont le tachymètre pourrait servir aussi à actionner cette manette, ou tout dispositif équivalent à celui représenté sur la figure 8.

Sur la figure 7, nous avons supposé l'arbre continué par un joint flexible L, qui aboutit à un arbre M tournant autour d'un axe invariable et auquel il est relié par un emmanchement carré. Le coussinet D est glissé dessus et

une pièce rapportée et vissée v l'empêche de se déplacer le long de lui.

Si le rotor comporte à la fois l'appareil moteur et l'appareil mû, la disposition employée demeure la même. Seul l'arbre flexible L disparaît.

Pour les turbines et les compresseurs nous avons essayé de remplacer le presse-étoupes par la disposition suivante (*fig.* 7) :

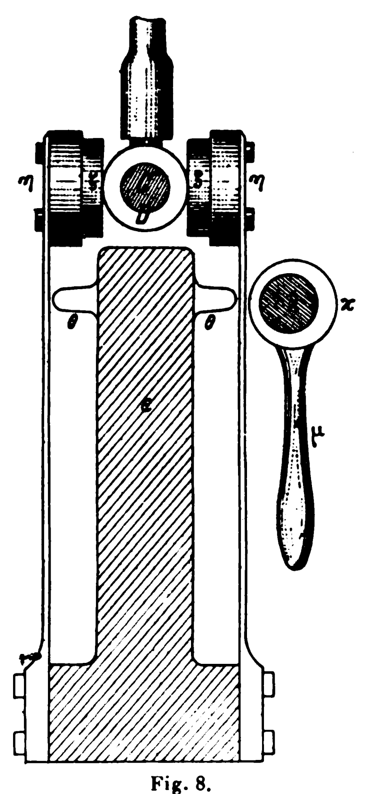


Fig. 8.

Une bague en ébonite très légère Q repose sur l'arbre. Elle est reliée à deux pièces de révolution E, en caoutchouc armé avec les fibres végétales, fixées comme on le voit en S sur la figure. Elles sont assez souples pour permettre à la bague Q de suivre tous les mouvements de l'arbre, sans lui opposer de résistance appréciable. Elles sont suffisamment armées pour pouvoir supporter la différence des pressions p_1 et p_2 qui s'exercent sur leurs faces extrêmes.

Pour éviter tout écoulement de gaz à l'intérieur du stator vers l'atmosphère ou, réciproquement, entre la bague Q et l'arbre, nous faisons arriver entre les deux pièces R, R de l'eau sous une pression p supérieure à la plus grande des pressions p_1 et p_2. Elle arrive par un canal T, dont l'entrée, située sur le côté du stator, ne se voit pas sur la figure. Elle pénètre entre la bague Q et l'arbre par des trous U et s'écoule des deux côtés, en fermant complètement le passage aux gaz.

Celle qui s'écoule vers l'extérieur tombe dans une coquille V, qui communique avec un bassin W et une conduite de décharge X. Une rondelle en fibre Y montée à frottement doux sur l'arbre et appliquée contre la paroi de la coquille V empêche l'eau d'arriver dans la coquille J, où afflue l'huile. L'arbre creuse son logement dans la rondelle Y, jusqu'à ce qu'il tourne au milieu d'elle sans la toucher, et elle reste appliquée contre la paroi de la coquille V, par la pression de l'eau projetée contre elle.

L'eau, qui s'écoule vers l'intérieur du stator, arrive dans une chambre Z munie d'une conduite de décharge α aboutissant à un orifice β.

Si la pression p_2 est supérieure à la pression atmosphérique, l'orifice β sert de point de départ à une conduite aboutissant à une capacité close et munie d'un purgeur automatique.

Si la pression p_2 est inférieure à la pression atmosphérique, presque toujours la machine est munie d'un condenseur où l'on fait aboutir la conduite de décharge. Si la pression p_2 est inférieure à celle du condenseur, on dispose la machine à une hauteur suffisante, au-dessus du condenseur, pour que l'eau puisse s'y rendre néanmoins.

S'il n'y avait pas de condenseur, on devrait ajouter à la machine une petite pompe d'extraction, pour extraire l'eau de la chambre Z.

Enfin, pour empêcher l'eau de passer de la chambre Z dans l'intérieur du stator, nous disposons un ou plusieurs *chasse-eaux*, à forces centrifuges, tels que ceux représentés en γ, γ sur la figure. Nous achevons de garantir l'entrée de l'intérieur du stator au moyen de chicanes, formant parapluies, telles que celles représentées en $\delta\delta$.

Le système de suspension de l'arbre, le joint flexible et le procédé employé pour franchir la vitesse critique ω fonctionnent très bien et aucune pièce ne se fatigue.

Quant au dispositif destiné à empêcher les rentrées d'air, lorsqu'on fait le vide dans la machine, comme c'était le cas dans nos essais, nous en sommes moins satisfaits. L'eau chargée d'air donne naissance à de véritables bulles de savon, en arrivant dans le vide, et occupe un très grand volume. Bien que nous ayons donné une grande capacité à la chambre Z et une large section aux conduites qui la reliaient au condenseur et malgré la présence des chicanes δ, nous n'avons pas pu empêcher des rentrées d'eau dans la machine. C'est un inconvénient grave pour ses aubes ou pour ses ailettes, qui doivent être animées d'une vitesse de plusieurs centaines de mètres par seconde.

Aussi, nous proposons-nous de remplacer désormais l'eau par de la vapeur, qui ne pourra que se surchauffer en pénétrant dans l'appareil. Cela nous conduira à substituer, à nos bagues en ébonite, des labyrinthes ou, de préférence, des bagues en charbon, comme le fait Rateau.

(*A suivre.*) Maurice LEBLANC.



LÉGISLATION, JURISPRUDENCE, ETC.

SOCIÉTÉS, BILANS.

Compagnie d'électricité de l'Ouest-Parisien (Ouest-Lumière). — Du rapport présenté par le Conseil d'Administration à l'Assemblée générale ordinaire du 29 novembre 1912, nous extrayons ce qui suit :

Canalisations et exploitations.	1910-11.	1912-12.	Augmentation.
	m	m	%
Longueur des câbles de haute tension — souterrains.	295515	302415	2,3
Longueur des câbles de haute tension — aériens	45040	49350	9,5
Longueur des câbles de basse tension — souterrains.	86070	86428	0,4
Longueur des câbles de basse tension — aériens	560495	610031	8,8
	habitants.	habitants.	
Population desservie directement.	382609	401833	5,0
Nombre d'abonnés	14903	17865	19,8
Soit, par 1000 habitants	38	44	
	kilowats.	kilowats.	
Puissance installée en service — Éclairage	9411	12598	33,8
Puissance installée en service — Force motrice sans tramways	17354	21732	25,2
	francs.	francs.	
Recettes totales	6122397	6627158	8,2

Compte d'exploitation.

Les recettes d'exploitation ont passé de 6 122 397,39 fr à 6 627 157,99 fr, en augmentation de 504 760,60 fr. D'autre part, malgré cette importante augmentation de recettes, les dépenses d'exploitation n'ont atteint que 3 898 648,96 fr contre 3 990 357,61 fr en diminution de 91 708,65 fr.

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

Débit.

Dépenses d'exploitation et frais généraux		3 898 648,96
Prime de remboursement sur obligations sorties (9e tirage)		19 079 »
Intérêts et escomptes		374 646,46
		4 292 374,42
Solde créditeur		2 343 437,49
Amortissements et applications proposés :		
Bénéfice de l'exercice 1911-1912		2 334 783,57
A déduire :		
Amortissement à valoir sur compte « Frais d'émission des Obligations »	40 000	840 000
Compte général d'amortissements	800 000	
Reste		1 494 783,57
Réserve légale (5 pour 100)		74 739,15
Reste		1 420 044,42
Premier dividende 6 pour 100 aux actions (soit sur 20 000 000 fr)		1 200 000 »
Reste		220 044,42
10 pour 100 au Conseil		22 004,45
Reste		198 039,97
A ajouter :		
Report de l'exercice 1910-1911		8 653,92
Ensemble		206 693,89
Dividende supplémentaire de 1 pour 100 aux actions (soit sur 20 000 000 fr)		200 000 »
Reste à reporter		6 693,89
Total		6 635 811,91

Crédit.

Report de l'exercice 1910-1911	8 653,92
Recettes d'exploitation et divers	6 627 157,99
Total	6 635 811,91

Actif.

Bilan résumé au 30 juin 1912 (après le vote des résolutions) :

Immobilisations	31 991 542,51
Actif réalisable (à terme)	1 802 907,65
Disponible	5 465 146,99
Comptes divers	882 802,70
Total	40 142 399,85

Passif.

Engagements sociaux	24 098 788,56
Engagements envers les tiers (à terme)	13 476 260,75
Exigibles	2 560 656,65
Profits et Pertes	6 693,89
Total	40 142 399,85

L'Assemblée a, sur la proposition du Conseil, fixé à 7 fr par action le dividende de l'exercice 1911-1912, et décidé de reporter à nouveau le solde du compte de Profits et Pertes s'élevant à 6 693,89 fr. Le dividende sera payable, sous déduction des impôts, à partir du 1er décembre 1912, sur la présentation du coupon n° 9.

INFORMATIONS DIVERSES.

Un hommage à E. Lenoir. — Le 16 décembre dernier a eu lieu l'inauguration par M. Fernand David, Ministre du Commerce, d'un médaillon et d'une plaque posés au Conservatoire des Arts et Métiers par la Chambre syndicale de l'Industrie des Moteurs à gaz, en l'honneur d'Etienne Lenoir, le véritable inventeur des moteurs à gaz industriel.

Né en Belgique en 1822, Lenoir vint à Paris, après s'être fait naturaliser français, en 1838. Il ne savait ni lire ni écrire et remplissait les modestes fonctions de plongeur dans un restaurant. Il apprit ensuite l'art de l'émailleur et en 1847 il découvrait l'émail blanc sans oxyde d'étain. En 1859 il imagine la galvanoplastie en ronde bosse, puis un système complet de signaux pour voies ferrées, des freins électriques, un système autographique (1865), une méthode d'étamage des glaces, un procédé de tannage des cuirs (1880), etc.

C'est en 1859 qu'il imagine son moteur à gaz; dès l'année suivante plusieurs moteurs sont en service et une vingtaine sont en construction; bientôt la petite industrie parisienne emploie une grande quantité de moteurs Lenoir. Bien que l'idée de l'emploi des mélanges explosifs de gaz d'éclairage et d'air pour la production de la force motrice ne soit pas de lui, Lenoir peut donc revendiquer hautement l'honneur d'avoir créé, du premier coup un moteur industriel d'un fonctionnement sûr et dans lequel on trouve en germe les éléments essentiels des grands moteurs actuels.

Lenoir mourut sans fortune et presque oublié en 1900; il vivait d'une pension de 6000 fr que lui a servie jusqu'à la fin de son existence la Compagnie du Gaz de Paris. Sa mort coïncidait avec l'éclosion des moteurs d'automobiles et celle des grands moteurs à gaz pauvre et à gaz de hauts fourneaux.

L'influence des grands barrages sur le déplacement des sources. — Dans une note présenté à la séance du 23 décembre de l'Académie des Sciences, M. E.-A. MARTEL signale un fait qu'a



il observé aux États-Unis et dont il tire quelques conséquences relativement au barrage projeté de Génissiat sur le Rhône.

En visitant le barrage Roosevelt, construit sur la Salt-River pour créer un lac artificiel de 1584 km² qui assure l'irrigation des ci-devant déserts de l'Arizona, M. Martel a constaté que les eaux filtrant à travers le barrage déposent des concrétions absolument identiques aux concrétions des rivières souterraines et de certaines sources chaudes. D'autre part, il existe en aval du barrage de nombreuses sources thermales qui ont jailli dès le printemps de 1911, immédiatement après l'achèvement du barrage et le remplissage de son réservoir; ces sources ne peuvent provenir que du déplacement des sources qui existaient, avant les travaux, à moins de 1 km en amont du barrage; ce serait donc l'augmentation de pression de 2 à 5 atm, la profondeur d'eau dans le réservoir variant de 18 à 52 m, exercée par l'eau du réservoir qui a fait chercher et trouver aux eaux thermales un échappement en aval de l'obstacle. En mesurant la température des sources nouvelles, M. Martel a trouvé 37° pour les plus proches du barrage (à moins de 100 m de distance) et 49°, 50° et 51° pour les plus éloignées (500 m), ce qui semble indiquer que, pour les plus rapprochées, il y a mélange avec l'eau du réservoir.

M. Martel ajoute :

« Cette conséquence de l'édification de la Roosevelt-Dam devra être prise en sérieuse considération dans la discussion actuellement pendante au sujet du grand barrage projeté sur le Rhône, à Génissiat, en aval de Bellegarde. Je rappelle, en effet, qu'on a reconnu l'existence, en amont de Génissiat, de 14 sources dans les parois du cañon du Rhône et de plusieurs autres dans le lit même du fleuve, sortant toutes de fissures du calcaire urgonien. Il est certain que, dans cette roche, la circulation d'eau souterraine est encore à l'œuvre, *même en dessous du niveau du fleuve*, et qu'il serait particulièrement dangereux d'exaspérer des affouillements futurs, en réalisant une surcharge d'eau de 7 atm par une retenue de 70 m de hauteur (101 m avec les fondations). »

Sur la sensibilité à la lumière des piles à sélénium. — Malgré le très grand nombre de recherches qu'elle a suscitées, cette question est encore obscure sur bien des points. L'an dernier, M. A. POCHETTINO (*Nuovo Cimento*, t. I, 1911, p. 147) a publié une étude dans laquelle, après une revue d'ensemble de ces recherches, il expose l'état actuel de la question. Voici, d'après la *Revue générale des Sciences* du 30 décembre, les conclusions de ce savant :

La sensibilité des piles à sélénium diminue quand la tension appliquée augmente.

La sensibilité diminue énormément quand la température s'élève jusqu'e vers 100°. La variation produite par l'élévation de température est très différente d'un élément à l'autre, mais elle est toujours plus faible quand la préparation est maintenue à la lumière que lorsqu'elle est maintenue dans l'obscurité.

Le maximum de sensibilité se trouve au voisinage de 0,700 µ. Un éclairage préalable à la lumière bleue augmente la sensibilité pour la lumière rouge; un éclairage au rouge n'agit pas sur la sensibilité au bleu.

L'influence de l'intensité de la lumière est, au point de vue pratique, un problème très important, mais sur lequel on sait peu de chose. Les effets d'intensité proprement dits sont souvent masqués ou dénaturés par les effets de *fatigue* ou d'*inertie*. On sait seulement qu'un refroidissement rapide donne toujours du sélénium *dur* c'est-à-dire peu sensible aux faibles intensités; un refroidissement lent donne, au contraire, du sélénium tendre, sensible, même aux faibles illuminations.

L'effet de la pression est mal élucidé. Il en est de même de l'effet de la résistance électrique, bien qu'en général les piles les plus résistantes soient aussi les plus sensibles. Le sélénium abandonné à lui-même diminue à la fois de résistance et de sensibilité, et cet effet semble dû à une transformation s'accomplissant dans la masse du sélénium.

Il faut un certain temps au sélénium pour atteindre la conductibilité maxima. Une illumination brusque produit 70 pour 100 environ de son effet en quelques secondes, mais la totalité de l'effet exige des heures entières. Ce temps varie d'ailleurs avec la longueur d'onde. Il est minimum pour le rouge. L'élévation de température, les impuretés métalliques qui donnent des séléniures agissent comme des catalyseurs. Pour diminuer l'inertie, il convient d'employer le sélénium en couches très minces (dépôts condensés sur le verre).

L'acétate de cellulose succédané ininflammable du celluloïd. — L'acétate de cellulose, déjà utilisé pour l'isolement des fils, permet d'obtenir des produits plastiques que pourraient, en raison de leur ininflammation, remplacer avantageusement le celluloïd dans la fabrication des bacs des petits accumulateurs d'allumage et recevoir diverses autres applications électrotechniques comme la confection des interrupteurs d'éclairage. Déjà ces produits commencent à s'introduire dans diverses industries : fabrication des films cinématographiques, des vernis d'aéroplanes, etc., qui, en 1911, ont employé environ 100 tonnes d'acétate de cellulose, pour la majeure partie fabriqué en Allemagne d'après les brevets de deux chimistes français, MM. Clément et Rivière.

Une communication faite par ces deux chimistes au récent Congrès international de Chimie appliquée de New-York donne quelques indications sur cette fabrication et sur le traitement qu'il convient de faire subir à l'acétate pour obtenir une masse colloïdale plastique. C'est l'obtention d'un produit plastique qui présente de réelles difficultés, lesquelles n'ont pu être surmontées que tout récemment.

Pour arriver à produire un produit plastique il faut incorporer à l'acétate de cellulose un solvant solide. Le mélange intime de ce corps et de l'acétate s'obtient par l'action d'un solvant liquide et volatil qui est généralement un mélange de tetrachloréthane et d'alcool. Le produit solide, qui doit conférer au mélange sa plasticité et jouer un rôle comparable à celui du camphre dans le celluloïd, est généralement constitué par le mélange de deux corps : l'un, qui sera plus particulièrement l'agent plastique; l'autre, qui sera l'agent produisant l'ininflammabilité. Le premier est constitué surtout par la triacétine

$$(CH^2CO^2CH^3 - CHCO^2CH^3 - CH^2CO^2CH^3).$$

Le second est habituellement du triphénylphosphate ou du tricrésylphosphate.

Le produit ainsi obtenu semble avoir toutes les qualités du celluloïd; il a l'inconvénient de coûter pour le moment, environ deux fois plus cher.



Tome XIX. **N° 219. — 7 février 1913.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Parmi les ouvrages récemment publiés, il en est un qui, par son importance et son intérêt, mérite une mention spéciale et que, pour ces raisons, nous signalerons dans cette chronique : c'est le **Recueil des Constantes physiques,** édité par la Société française de Physique et qui vient d'être distribué gratuitement aux membres de cette Société (¹).

Il est à peine besoin d'insister sur l'intérêt d'une telle publication. Quiconque, savant ou ingénieur, a eu besoin, en vue de recherches scientifiques ou d'applications industrielles, de données numériques sur les propriétés d'un corps, sait les difficultés énormes qu'on éprouve à se les procurer. Non seulement il faut compulser de nombreux et longs mémoires dont l'existence n'est souvent connue qu'à la suite de fastidieuses investigations, mais une fois en possession des résultats numériques contenus dans ces mémoires, il faut encore faire un choix entre eux. A moins d'être spécialisé dans la question qui vous préoccupe, ce choix est généralement des plus délicats et malgré tout le temps consacré à la lecture et la discussion des travaux antérieurs on risque fort de prendre une valeur numérique trouvée dans des conditions très différentes de celles de l'application qu'on a en vue. A la difficulté des recherches bibliographiques vient donc s'ajouter l'aléa de choisir une valeur numérique qui ne convient nullement au cas envisagé.

Mais ce que ne saurait faire l'individu isolé, une association de savants peut l'entreprendre avec espoir de réussite en utilisant les connaissances spéciales de ses divers membres. C'est ce qu'a pensé la Société française de Physique il y a environ 20 ans.

La première idée de la publication d'un Recueil de données numériques concernant toutes les branches de la Physique remonte, en effet, à 1893 et 1894. Pour la mettre à exécution il fallait non seulement disposer de ressources pécuniaires importantes, mais encore canaliser vers un même but les bonnes volontés individuelles. Grâce à l'activité et au dévouement du regretté H. Dufet, maître de conférences à l'École normale supérieure, grâce aussi aux libéralités d'un généreux anonyme, une partie du programme que s'était fixé la Société put être réalisée dès 1898, année où fut publié le premier fascicule du Recueil de données numériques concernant l'Optique; deux autres fascicules, toujours consacrés à l'Optique et dus à H. Dufet, parurent en 1899 et 1900.

Il s'agissait de compléter l'œuvre de Dufet en l'étendant aux autres branches de la Physique. Après

(¹) Cet ouvrage est en vente à la librairie Gauthier-Villars où les personnes étrangères à la Société peuvent se le procurer.

de nombreuses délibérations, une Commission spéciale, nommée à cet effet, décida, en novembre 1907, qu'on s'adresserait à de nombreux collaborateurs, mais que le travail de coordination et de classement serait confié à seulement deux personnes, M. H. Abraham, professeur à la Sorbonne et secrétaire général de la Société, et M. P. Sacerdote, professeur au collège Chaptal. C'est le résultat de ce travail de près de six années qui vient d'être publié.

Si nous insistons sur la date où il a été effectivement commencé, c'est que, après avoir signalé l'intérêt qu'elle présente, nous voulons dire un mot de l'importance qu'on s'est trouvé amené à donner à cette publication.

Au début, on ne prévoyait qu'un volume de 300 à 350 pages du format 25 cm × 16 cm ; encore ne comptait-on que sur 220 pages de tableaux de données numériques, les autres pages devant être consacrées à des formulaires de tables et calculs : réduction d'une pesée au vide, réduction d'une hauteur barométrique, valeurs de n, n^2, n^3, etc. En fait, on a dû éditer un volume de 753 pages, format 27 cm × 22 cm, c'est-à-dire donner à l'ouvrage une ampleur quatre à cinq fois plus grande que celle prévue primitivement, tout en éliminant les formulaires et les tables de calculs. Si l'on songe que plus de 110 personnes ont collaboré aux 307 tableaux contenus dans ce volume, que MM. Abraham et Sacerdote ont dû indiquer à chacune d'elles la forme matérielle dans laquelle devaient être présentés les résultats, que de nombreuses retouches et modifications ont été indispensables pour éviter les répétitions et unifier les notations, qu'enfin la correction typographique de tableaux demande un soin minutieux, on ne s'étonnera pas que six années aient été nécessaires pour achever un tel travail.

Des 307 tableaux contenus dans le Recueil, un assez grand nombre intéressent l'ingénieur et particulièrement l'ingénieur électricien. Nous signalerons dans cet ordre d'idées les tableaux suivants : systèmes de mesures, dureté des solides, frottement des solides, viscosité des fluides, dilatations, compressibilité, alliages métalliques; les tableaux 230 à 294, qui occupent 148 pages et sont relatifs à l'électricité et au magnétisme ; enfin, les tableaux 295 à 307 qui fournissent des données pratiques sur les appareils et instruments de mesures. Nous nous proposons d'ailleurs de reproduire dans un prochain numéro quelques-uns de ces tableaux, reproduction qui permettra à nos lecteurs de se rendre compte de la nature des renseignements qu'ils renferment.

Nous regrettons de ne pouvoir, en raison de leur nombre, citer les noms des auteurs de ces tableaux, noms parmi lesquels nous sommes heureux de relever ceux de plusieurs des collaborateurs de ce journal : MM. Armagnat, Chéneveau, Goisot, Jumau, etc. Nous tenons toutefois à exprimer ici à MM. Abraham et Sacerdote nos félicitations pour le résultat qu'ils ont obtenu, sûr que nous sommes d'être ainsi l'interprète de tous ceux qui consulteront le *Recueil des Constantes physiques*.

***

La **détermination de l'excitation des machines à courant continu** a été récemment l'objet d'une communication de M. F. J. Brunswick à la Société internationale des Électriciens, communication qui est reproduite pages 105 à 116.

M. Brunswick critique les méthodes généralement adoptées pour cette détermination ; ces méthodes donnent parfois des résultats contraires à la réalité et doivent, par cela même, être rejetées. Celle que M. Brunswick propose de leur substituer consiste à traiter les machines à courant continu comme les alternateurs, c'est-à-dire à considérer séparément les forces magnétomotrices donnant naissance à chaque flux dans la zone active.

Nous avons déjà signalé l'importante contribution faite par notre collaborateur A. Mauduit à la question de la **commutation dans les dynamos à courant continu.** Nous donnons plus loin (p. 117 à 123) le début de la communication faite par lui sur ce sujet à la séance du 4 décembre dernier de la Société internationale des Électriciens, début qui est consacré au rappel des théories de la commutation actuellement adoptées. Dans le prochain numéro nous donnerons la description des recherches personnelles de M. A. Mauduit.

Disons de suite que cette communication a donné lieu à une discussion très intéressante qui eut lieu à la séance du 8 janvier de la Société des Électriciens et à laquelle prirent part MM. Girault, Latour, Swyngedauw, Brunswick et Gratzmuller.

***

On a imaginé de nombreux **dispositifs automatiques pour la mise à la terre des conducteurs rompus.** M. Dethiollaz donne (p. 125 à 128) la description d'un nouveau dispositif de son invention.

***

L'éclairage électrique des automobiles a pris récemment une certaine extension, et le dernier Salon de l'Automobile montrait diverses dynamos construites en vue de ce mode d'éclairage. Ce sont ces dynamos que décrit notre collaborateur Armagnat dans l'article publié pages 131 à 139.

J. Blondin.



UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : 7, rue de Madrid, Paris (8e). — Téléph. { 549.49. 549.62.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité; Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité; Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Troisième Bulletin bimensuel de 1913.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue d'Édimbourg, 9.

Téléphone : 507-59.

Troisième Bulletin bimensuel de 1913.

Convocation de la septième Section.

MM. les Membres de la septième Section sont informés que la réunion mensuelle aura lieu le *vendredi* 21 *février*, à 2 h 15 m, au Siège social, pour la nomination de délégués de la Chambre; projet de technologie des machines; questions diverses.

Service de placement.

Nous rappelons à MM. les Industriels, membres du Syndicat, que le service de placement est à leur disposition en vue de leur signaler des candidats, munis de références, pour les emplois qui seraient vacants dans leur maison. Nous les prions, en conséquence, de bien vouloir nous signaler le personnel dont ils auraient besoin pour que nous les aidions à le trouver.

Cours de perfectionnement d'apprentis.

Un nouveau centre de cours, organisé par le Syndicat pour les apprentis de première année, doit s'ouvrir très prochainement dans les locaux de l'école communale située rue Blomet (XIVe arrond.).

Nous prions MM. les Industriels qui ont leurs ateliers à proximité et qui désirent envoyer des apprentis suivre ces cours, de bien vouloir en aviser de suite le Secrétariat conformément à la demande qui leur a été faite par lettre individuelle.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre syndicale du 7 janvier 1913.

Présidence de M. R. Legouëz.

La séance est ouverte à 2 h. 20 m.

Sont présents : MM. Harlé et Zetter, anciens présidents; Grosselin, M. Meyer, Larnaude, vice-présidents; André Bancelin, Berne, Boucherot, Brunswick, Cance, Casanova, Château, Davin, Eschwège, Guittard, Leclanché, Schwarberg, Tourtay, membres; Chaussenot, secrétaire général.

Se sont excusés : MM. Bordelongue et Bardon.

Remerciements. — Le Président fait part à la Chambre des remerciements de Mme Pornon pour les marques de sympathie qui lui ont été données lors du décès de M. Pornon; de la Société française de téléphonie privée et de M. Foulcher, de la Compagnie des Lampes à filaments métalliques, pour leur admission; du Ministère de la Marine pour l'envoi de l'*Annuaire*.

Félicitations. — La Chambre adresse ses félicitations à son président, M. Legouez, pour le succès de son élection à la Chambre de commerce de Paris.

Admissions. — La Chambre prononce les admissions suivantes :

De la Chambre syndicale des Entrepreneurs d'électricité de Bordeaux et de la Gironde, 48, cours de Tourny, à Bordeaux, représentée par son président, M. Laporte, qui était précédemment membre adhérent à titre personnel;

De M. Henri Brice, électricien, 54, rue Saint-Lazare, à Paris, présenté par MM. Tournaire et Eurieult, pour être inscrit à titre professionnel à la sixième Section;

De M. Calonne (Nestor), ingénieur électricien, 3, rue Jacquemont, présenté par MM. Jacobsen et Ilyne Berline, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Charles (André), 28, rue de la Huchette, présenté par MM. Legouez et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Damblanc (Louis), 10, rue du Jour, à Paris, ingénieur électricien, présenté par MM. Bouchet et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Martin (Jean), administrateur directeur de la Société ardéchoise de Tramways électriques, place de la Rotonde, à Aubenas (Ardèche), présenté par MM. Legouez et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Niéloud (Charles), ingénieur représentant, à



Marseille, 76, rue Thomas, présenté par MM. Legouez et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Pouchet (Joseph), directeur du dépôt de la Société métallurgique de Douai-Ailly, 58, boulevard Richard-Lenoir, Paris, présenté par MM. Legouez et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Somac (Henri), ingénieur représentant, 47, rue de la Commanderie, à Nancy, présenté par MM. Chaussenot et Lorin.

DÉMISSIONS. — La Chambre accepte les démissions suivantes :

De M. Destriau en raison de ce qu'il fait partie de la Chambre syndicale des Électriciens de Bordeaux adhérents à notre Syndicat;

De M. Farkas et de M. David qui cessent de s'occuper d'affaires d'électricité.

Elle modifie l'inscription de M. Laporte qui, au lieu d'être adhérent à titre personnel, est inscrit comme délégué de la Chambre syndicale des Électriciens de Bordeaux, en sa qualité de Président de ce groupement.

MODIFICATIONS AU TABLEAU DES SECTIONS. — En raison de la revision annuelle des listes qui est actuellement en cours, les modifications faites aux tableaux des sections seront signalées à la prochaine séance de la Chambre.

COURS D'APPRENTIS DU SYNDICAT. — M. le Président communique à la Chambre un arrêté préfectoral en date du 16 décembre 1912, autorisant le Syndicat à utiliser les locaux de l'école communale de la rue Blomet pour un nouveau centre de cours pour les apprentis de l'industrie électrique. Une circulaire a été, en conséquence, adressée aux industriels adhérents qui ont leurs ateliers à proximité, pour leur demander d'indiquer le nombre d'apprentis auxquels ils désirent faire suivre ces cours, afin de terminer l'organisation et de pouvoir ouvrir ce cours le plus rapidement possible. M. le Président insiste sur l'intérêt que présentent ces cours et compte sur le concours des maisons adhérentes pour aider au développement de cette œuvre intéressante pour le recrutement des ouvriers de l'industrie électrique.

QUESTIONS SPÉCIALES. — Circulaire 240 : M. le Président met la Chambre au courant des réponses faites à une *Circulaire* de M. le Ministre du Commerce relative aux *poids et mesures*. D'une façon générale, les groupements et les Chambres de commerce sont d'accord pour la création d'unités nouvelles, mais sont d'avis opposé au poinçonnage et au contrôle des différents compteurs et appareils analogues.

PROJET D'IMPOT SUR LES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE, etc. — En ce qui concerne la taxation des appareils d'éclairage et l'*impôt sur la consommation* du gaz et de l'électricité, les projets présentés par M. le Ministre des Finances ont été écartés par la Commission du budget pour 1913.

REVISION DE LA SÉRIE DE PRIX DE LA SOCIÉTÉ CENTRALE DES ARCHITECTES. — M. Marcel Meyer, qui a assisté aux réunions de la Commission en qualité de délégué du Syndicat, donne des indications desquelles il résulte qu'il a été tenu compte des observations présentées par les électriciens, et que des modifications seront en conséquence apportées dans la rédaction de la nouvelle série.

PROTECTION DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE. — M. le Président indique qu'en ce qui concerne la protection de l'industrie française, le projet d'une *marque syndicale* d'origine est toujours à l'étude, mais qu'en raison des observations qui ont été faites, des dispositions nouvelles doivent être examinées. La question, du reste, est à l'ordre du jour dans un assez grand nombre de groupements et est étudiée également dans d'autres pays; il y a donc intérêt à attendre les renseignements qui pourront résulter de ces diverses études avant de prendre une décision définitive.

TRAVAUX DES SECTIONS. — Les première, quatrième et cinquième Sections ne se sont pas réunies. Les questions qu'elles ont à l'étude n'étant pas prêtes à être rapportées.

La *deuxième Section* s'est réunie le 30 décembre pour examiner les questions à l'étude.

En ce qui concerne l'*unification des interrupteurs* à faible intensité, elle estime qu'il y aurait lieu de recommander l'unification des dimensions des socles, des dispositions des attaches et moyens de fixation et des filetages des couvercles vissés, et d'une façon générale de la visserie.

Elle a reporté à une séance ultérieure l'étude des *moyens de propagande destinée à l'Exportation;* enfin, elle a mis à l'ordre du jour l'étude d'un PROGRAMME DE NOUVELLES QUESTIONS à examiner, notamment pour la qualification des isolateurs à haute tension et de l'appareillage, l'unification des écartements des pôles des interrupteurs; la spécification des interrupteurs à huile, etc.

La *troisième Section* s'est réunie le 6 décembre dernier pour continuer l'examen des questions à l'étude, notamment celle relative aux essais *des câbles et fils caoutchoutés* pour les installations de première catégorie.

La *septième Section* s'est réunie le 27 décembre dernier pour examiner la question posée par la circulaire du Ministre du Commerce. En ce qui concerne le poinçonnage des compteurs, elle estime que les abonnés et les exploitants sont suffisamment armés par les obligations des cahiers des charges et qu'ils ont, d'autre part, toute facilité de recourir au service de contrôle.

En ce qui concerne la création de nouvelles unités de mesure, la Section estime que la question est des plus intéressantes, mais qu'elle demande une étude longue et très sérieuse en vue de mettre d'accord les applications pratiques, le langage industriel et la rigueur scientifique.

Plusieurs membres expriment le vœu qu'il soit institué des fêtes (concerts ou bals), à l'issue du banquet annuel en vue de resserrer les liens qui unissent les Membres et leur permettre de se mieux connaître, à l'exemple de ce qui se passe dans différentes Chambres syndicales et Associations amicales.

COMMISSION DE LÉGISLATION. — La Commission de législation ne s'est pas réunie, les questions mises à l'étude n'étant pas encore rapportées, sauf toutefois celle relative à la modification de la loi sur les retraites ouvrières, pour laquelle un rapport a été dressé par M. Schmitt pour être examiné à la prochaine séance.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ. — Le Président communique à la Chambre le procès-verbal de la séance du Comité de l'Union en date du 4 décembre 1912 qui sera publié dans *La Revue électrique*.

UNION MÉTALLURGIQUE ET MINIÈRE. — La Chambre

prend connaissance des documents suivant reçus de l'Union métallurgique et minière et dont un exemplaire de chaque est classé au Secrétariat et à la disposition des Membres adhérents :

Document n° 535 : hygiène et sécurité; n° 536, code du Travail et de la Prévoyance sociale; n° 537, apprentissage dans la Construction mécanique et la chaudronnerie; n° 538, accord franco-espagnol concernant le Maroc; n° 539, projet de loi portant modification à l'article 23 de la loi sur les retraites ouvrières; n° 540, accidents, délégués mineurs.

COMITÉ ÉLECTROTECHNIQUE. — M. le Président communique une lettre du Comité électrotechnique français signalant que, conformément aux statuts, deux membres délégués du Syndicat ont été désignés par le sort et doivent être remplacés. La Chambre, après examen de la question désigne MM. Legouëz, président du Syndicat, et Guittard, vice-président de la première Section.

CORRESPONDANCE. — M. le Président communique à la Chambre la correspondance reçue, savoir :

Lettre du *Comité de la Foire de Paris* signalant un projet de voyage à la foire de Leipzig en mars 1913, pour étudier son organisation en vue d'en tirer parti pour le développement de la Foire de Paris, et sollicitant l'adhésion, des industriels. La Chambre décide que mention sera faite de cet avis au procès-verbal en laissant aux adhérents le soin d'agir individuellement;

Lettre de la Chambre syndicale des Entrepreneurs électriciens faisant part de la composition de son Bureau pour 1913. La Chambre adresse ses félicitations à M. Burgunder, nommé président honoraire, et à M. Albert Cance, choisi comme président, tous deux membres de notre Syndicat;

Circulaire de l'Union des Industries nationales signalant l'organisation d'un Congrès pour le développement et la défense de ses industries. L'Union des Syndicats de l'Électricité ayant adhéré à ce Congrès, la Chambre estime qu'il n'y a pas lieu pour notre Syndicat de s'y faire personnellement représenter;

Lettre circulaire de la Direction de l'Enseignement primaire à la Préfecture de la Seine donnant des instructions pour la tenue d'un registre de présence dans chaque centre d'instruction.

QUESTIONS FINANCIÈRES. — M. le Président communique à la Chambre une lettre circulaire et une notice préparées par le Laboratoire central d'Électricité pour solliciter les subventions nécessaires pour assurer son développement et, notamment, l'achat du matériel devenu nécessaire par suite des progrès de l'industrie électrique.

A la suite des explications qui sont données, la Chambre, reconnaissant l'utilité que présente le Laboratoire central et le grand intérêt qu'il y a pour les Industries électriques à voir développer ses services, décide de lui apporter son appui pour la réalisation de son projet. Elle charge à cet effet son président d'adresser à tous les membres adhérents au Syndicat une lettre pour solliciter leur concours et approuve à cet effet le projet qui lui est soumis.

CONCOURS AGRICOLE. — M. le Président fait part à la Chambre d'une lettre du Syndicat des Usines d'Électricité signalant qu'il s'occupe d'organiser, à l'occasion du Congrès agricole de mars 1913, une exposition des *applications de l'électricité à l'agriculture*. M. Eschwège fait remarquer l'intérêt que, s'il y a pour les usines de distribution d'énergie électrique à faire connaître au monde agricole les facilités qu'il retirerait de l'emploi de la force motrice et des autres utilisations de l'électricité, cette question intéresse également les constructeurs électriciens en leur ouvrant un nouveau débouché d'affaires dont l'importance peut devenir considérable. Il espère donc qu'ils voudront bien répondre à la demande qui leur est faite de mettre à la disposition du Syndicat des Usines, pendant les quelques jours du concours, les machines et appareils de leur construction se rapportant aux utilisations agricoles. La Chambre décide de signaler, par lettre circulaire aux constructeurs, la demande du Syndicat des Usines.

QUESTIONS LÉGISLATIVES. — La Chambre prend connaissance des projets de loi suivants :

2373. Proposition de loi tendant à modifier l'article 36 du Code du Travail et de la Prévoyance sociale;

2406, Projet de loi modifiant certaines dispositions relatives à l'hygiène et à la sécurité des travailleurs;

2408, Rapport sur le projet précédent.

BIBLIOGRAPHIE. — M. le Président présente à la Chambre un Ouvrage de M. Henri Girard : *L'Electricité en agriculture achetée à des stations centrales;* cette brochure donne des indications pratiques et intéressantes pour les agriculteurs; 2° le Rapport général de M. Jannetaz et les Comptes rendus des travaux du Congrès national de l'apprentissage de Roubaix; 3° un Ouvrage très étudié de notre collègue, M. de Baillache, sur les unités électriques.

La Chambre adresse ses remerciements aux donateurs. Ces trois Ouvrages sont déposés à la bibliothèque du Syndicat, à la disposition des membres.

La séance est levée à 3 h 30 m.

Le Secrétaire général, H. CHAUSSENOT. — *Le Président,* R. LEGOUEZ.

Bibliographie.

MM. les Membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;
2° Les Annuaires du Syndicat;
3° La collection complète des Bulletins;
4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;
5° *Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans les immeubles et leurs dépendances;*
6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;
7° Le Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 200 volts;
8° La brochure sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;
9° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat professionnel des industries électriques (édition de 1907);
10° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Annuaire* de 1912, p. 104);
11° L'affiche « Conseils pour éviter la tuberculose »;



12° Affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

13° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et les principaux décrets, arrêtés, circulaires relatifs à l'application de cette loi (par brochures séparées);

14° *Arrêté technique du 21 mars* 1911, en application de la loi du 15 juin 1906;

15° Imprimés préparés pour *demandes de concession* de distribution d'énergie électrique (conformes au Cahier des charges type);

16° États de renseignements à fournir à l'appui d'une demande (annexe n° 3 à la circulaire ministérielle du 25 octobre 1908).

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

TROISIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1913.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre syndicale du 24 décembre 1912.

Présents : MM. Brylinski, président d'honneur; Eschwège, président; Fontaine, secrétaire général; Beauvois-Devaux, trésorier, Legouez, Tainturier, de Tavernier, Sée, Widmer.

Absents excusés : MM. Cordier, Mondon et Tricoche.

Il est rendu compte de la situation de caisse.

NÉCROLOGIE. — M. le Président a le regret de faire part du décès de M. Edmond Messmer, membre honoraire du Syndicat; de M. Daniel-Charles Bouzanquet, beau-père de M. George, membre de la Commission des questions d'exploitation administrative et commerciale, et de M. G. Richard, agent général de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Des condoléances ont été, au nom de la Chambre syndicale, adressées aux familles de nos collègues.

ÉLECTION DE M. LEGOUEZ A LA CHAMBRE DE COMMERCE DE PARIS. — M. le Président se fait l'interprète de la Chambre syndicale pour féliciter M. Legouez de son élection à la Chambre de Commerce de Paris.

CORRESPONDANCE ET TRAVAUX INTÉRIEURS. — La correspondance échangée avec les membres du Syndicat a porté sur les questions des frais de contrôle, des branchements, des états statistiques, des retraites ouvrières, du droit d'appui sur les immeubles, de l'élagage des arbres, de l'interprétation de Cahier des charges, du monopole d'éclairage électrique, des lampes métalliques, de la traversée des lignes de tramways par les conducteurs d'énergie électrique, des assurances contre l'incendie.

Le service du placement indique 17 offres, 6 demandes et 5 placements connus comme réalisés.

ADMISSIONS. — M. le Président donne la parole à M. le Secrétaire général pour faire part des propositions d'admission.

Les membres présentés dans la précédente séance ont été admis après l'accomplissement des formalités statutaires.

COMPTE RENDU DES SÉANCES DES COMMISSIONS. — *Commission technique.* — Les démarches entreprises par la Sous-Commission des applications agricoles pour réaliser une exposition d'électricité au Concours agricole se poursuivent et permettent d'entrevoir un résultat favorable des efforts tentés par la Chambre syndicale.

Dans sa séance de décembre, la Commission technique a adopté le Rapport de M. Lecler sur la protection des poteaux en bois pendant leur durée de service.

Commission d'exploitation administrative et commerciale. — Cette Commission s'est réunie le 4 décembre et a examiné les questions suivantes : notices à remettre aux agents des usines électriques sur les soins à donner aux victimes des accidents occasionnés par le courant électrique; cours des charbons et assurances incendie.

PRÉVISIONS BUDGÉTAIRES. — M. le Secrétaire général donne connaissance des prévisions budgétaires.

Examen fait des divers détails du budget, la Chambre syndicale l'adopte dans son ensemble.

REVUE ÉLECTRIQUE. — D'après le compte approximatif de *La Revue électrique*, notre Syndicat a pris près de 20 000 numéros de la *Revue électrique* pendant l'année 1912.

COMITÉ DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ. — La Chambre syndicale désigne pour 1913 les mêmes délégués : MM. Beauvois-Devaux, Berthelot, Brylinski, Eschwège, Fontaine, F. Meyer, Sée, pour la représenter en 1913 à l'Union des Syndicats de l'Électricité.

La Chambre syndicale désigne comme délégués suppléants, pour remplacer les délégués en cas d'absence, MM. Bizet, Brachet et de Tavernier. Elle arrête provisoirement la subvention au même chiffre qu'en 1912, sauf fixation définitive après arrêt des comptes en 1912.

COMITÉ ÉLECTROTECHNIQUE FRANÇAIS. — M. Sée se trouvant dans l'impossibilité de continuer à représenter le Syndicat au Comité électrotechnique français, la Chambre syndicale désigne comme délégués MM. Brylinski, Renou et Tainturier.

DOCUMENTS OFFICIELS. — Les documents suivants sont communiqués à la Chambre syndicale :

Circulaire ministérielle du 23 septembre 1912, de M. le Ministre du Travail et de la Prévoyance sociale aux ingénieurs divisionnaires du Travail et aux ingénieurs en chef des Mines, accompagnant le texte de l'Instruction sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques prévus par l'article 13 du décret du 11 juillet 1907 et le texte du décret du 13 août 1912 qui modifie cet article. — Rapport du Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale sur l'application, pendant l'année 1911, de la loi des 12 juin 1893, 11 juillet 1903 sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs.

M. le Secrétaire général indique également que le Rapport de M. Groussier sur le projet de loi portant codification des lois ouvrières (Livre II du Code du Travail et de la Prévoyance sociale) a été publié dans les annexes du *Journal officiel* depuis la dernière séance.

RETRAITES OUVRIÈRES. — Le Comité de l'Union prend



connaissance de la communication de la Section patronale des retraites ouvrières au sujet du projet de loi tendant à modifier l'article 23 de la loi sur les retraites ouvrières.

TAXES SUR L'ÉCLAIRAGE. — Cette question a été pour étude renvoyée à l'Administration par la Commission du Budget.

Le *Bulletin municipal officiel* du 14 décembre 1912, page 4741, donne le texte du vœu du Conseil municipal de Paris demandant qu'aucune taxe ou imposition nouvelle ne vienne frapper les consommateurs de gaz et d'électricité.

UNION DES INDUSTRIES MÉTALLURGIQUES ET MINIÈRES. — Les documents suivants émanant de cette Union ont été remis aux Membres présents :

N° 531, questions sociales et ouvrières.

N° 532, jurisprudence spéciale aux accidents du travail.

N° 533, décret du 26 octobre 1912 modifiant le décret du 28 décembre 1909 sur le travail des femmes et des enfants, port et transport de fardeaux.

N° 534, projet de loi réglementant les mesures de publicité à observer avant l'émission, l'offre, la mise en vente, l'introduction sur le marché en France, de tous titres autres que les fonds de l'État français.

N° 535, circulaire du Ministre du Travail aux inspecteurs divisionnaires du travail, en date du 13 novembre 1912 sur le contrôle des tuyauteries des appareils à vapeur.

N° 536, Livre II du code du Travail et de la Prévoyance sociale.

N° 537, formule de contrat d'apprentissage.

FÉDÉRATION DES INDUSTRIELS ET DES COMMERÇANTS FRANÇAIS. — M. le Secrétaire général communique à la Chambre syndicale le *Bulletin* de décembre 1912 de cette Fédération qui contient des études intéressantes sur la loi de 10 heures, l'article 23 de la loi des retraites, le droit du change, les chèques postaux.

COMMUNICATIONS DIVERSES. — D'après un rapport officiel du Conseil du Comté de Londres, les usines municipales d'électricité n'arrivent à pouvoir soutenir la concurrence des usines privées qu'en soutenant le budget de leurs usines sur les produits des taxes locales.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Commission technique du 14 décembre 1912.

Présents : MM. Eschwège, Président du Syndicat; Tainturier, Président de la Commission; Rieunier, Vice-Président de la Commission; Fontaine, Secrétaire général; Armagnat, Barris, Blondin, Brillouin, Daguerre, David, Langlade, Lebaupin, Lecler, Martin, Mercier, Neu, Paré, Schlumberger.

Absents excusés : MM. Bitouzet, Cotté.

Le procès-verbal de la précédente séance est lu et adopté.

CAUSERIE GÉNÉRALE SUR LE DERNIER CONGRÈS D'ÉLECTROCULTURE. — M. Blondin qui a assisté à ce dernier Congrès en donne à ses collègues un bref aperçu. Jusqu'à présent, les applications de l'électricité à la croissance des plantes n'ont pas donné de résultats bien concluants. Le labourage est encore peu employé; seul l'emploi de la force motrice électrique pour les appareils d'intérieur de ferme est susceptible de prendre rapidement un assez grand développement.

EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ EN AGRICULTURE. — M. Lecler expose ce qui a été entrepris par la Sous-Commission : le Syndicat organise pour le prochain Concours général agricole, qui aura lieu à l'Esplanade des Invalides du 17 au 24 février 1913, une installation d'appareils d'intérieur de ferme mus électriquement. Divers constructeurs de machines agricoles et de moteurs électriques déjà sollicités, sont disposés à prêter leurs appareils pendant la durée du Concours.

M. Brillouin signale qu'à Prouais près de Dreux un syndicat de trois communes vient de créer une centrale de 120 chevaux, destinée à fournir l'énergie pour les besoins agricoles.

PROTECTION DES POTEAUX DE BOIS EN SERVICE. — Dans son rapport qu'il résume, M. Lecler indique les divers procédés employés pour éviter la pourriture des poteaux en bois, dans la zone avoisinant de part et d'autre la surface du sol. Pour remédier à certains inconvénients reconnus, M. Lecler a été amené à employer une gaine de ciment armé qu'on peut couler autour de la base du poteau sans le déplacer et, par suite, sans interrompre son service.

MM. Brillouin, Neu et Paré signalent à ce sujet comme ayant donné de bons résultats, divers procédés consistant, soit à remplacer la partie du poteau sujette à détérioration par une matière imputrescible liée au bois par un système d'attaches métalliques, soit à aseptiser le sol par des injections annuelles de créosote, soit à goudronner de temps en temps la base du poteau préalablement mise à découvert sur la longueur convenable.

CAHIER DES CHARGES DE RÉCEPTION DES ISOLATEURS. — Dans une lettre au président, M. Cotté exprime son désir de voir fixer exactement, par un Cahier des charges approprié, les conditions auxquelles doivent satisfaire les isolateurs. MM. Bitouzet, Lebaupin, Schlumberger se joindront à M. Cotté pour étudier un Cahier des charges en tenant compte de ce qui existe à l'étranger sur ce sujet.

CAHIER DES CHARGES SUR LES INTERRUPTEURS A HUILE. — M. le Président demande à M. Mercier de bien vouloir collaborer avec M. Chevrier à l'étude de ce Cahier des charges. Sur une observation de M. Eschwège, la question sera étendue aux limiteurs de tension.

NOTE SUR LES TABOURETS ISOLANTS. — Les questions posées par M. Schlumberger seront soumises au Comité consultatif à sa prochaine réunion.

QUESTIONS NOUVELLES. — M. Rieunier propose, bien que la question ait déjà été traitée par M. Neu, de faire un nouveau rapport sur les services auxiliaires, en se plaçant à un autre point de vue. Cette proposition est adoptée.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Commission d'Exploitation administrative et commerciale du 4 décembre 1912.

Présents : MM. Brylinski, président d'honneur; Sée, président de la Commission; Fontaine, secrétaire général; George, secrétaire des séances; Brillouin, Cousin, Daguerre, Doucerain, Rosenfeld.



Absents excusés : MM. Beauvois-Devaux, Cordier, Chaussenot, Delarue, Tricoche.

1° ***Instructions sur les soins à donner aux victimes des courants électriques. Instructions au personnel travaillant sur les lignes à haute tension.*** — M. le Président donne lecture d'une lettre de la Compagnie électrique de la Loire relative à cette question.

La Commission décide de demander l'avis de l'Administration sur ces appareils de respiration automatique, dont l'entretient M. Brillouin.

La Commission pense que les instructions sur les soins à donner aux victimes de courants électriques pourraient être utilement jointes à celles relatives aux précautions à prendre dans le cas d'un travail sur la haute tension. Des brochures existent déjà dans certaines Compagnies et seront renvoyées à la Commission.

2° *Cours des charbons.* — M. le Président informe la Commission que les résultats des adjudications des chemins de fer de l'État belge, qu'on ne publie plus, pourraient être remplacés par les prix moyens d'achat par les chemins de fer de l'État français, de certaines catégories de charbons. Des graphiques comparatifs seront communiqués, à la Commission; M. Brylinski signale que, dans un traité de concession d'une ville du Nord, on avait introduit une clause relative aux variations des prix du charbon. Des recherches seront faites à ce sujet.

3° *Assurances incendie.* — M. le Président donne lecture d'une lettre de M. Doucerain signalant les modifications apportées dans les polices d'assurances incendie. La Commission charge M. Doucerain d'établir un tableau comparatif des anciens et nouveaux textes.

M. Doucerain informe la Commission que d'après renseignements pris auprès du Président de la Commission des tarifs du Syndicat des Compagnies d'assurances, il ne serait dû aucune surprime aux Compagnies du fait du passage des canalisations électriques au-dessus des immeubles.

4° *Police type.* — La Commission est d'accord pour introduire une modification de l'article V.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 15 janvier 1913.

Membres actifs.

MM.

Bastit (Paul), Concessionnaire de l'éclairage électrique de Tarascon-sur-Ariège, Foix (Ariège), présenté par MM. Eschwège et E. Fontaine.

Boell (Camille), Administrateur de la Société « Électricité et Gaz du Nord », 75, boulevard Haussmann, Paris, présenté par MM. Legouez et E. Fontaine.

Camus frères, Ingénieurs des Arts et Manufactures, Tonnerre (Yonne), présentés par MM. Eschwège et E. Fontaine.

David (Léon-Eugène), Ingénieur à la Compagnie lorraine d'Électricité, 64, rue du Faubourg-Stanislas, Nancy (Meurthe-et-Moselle), présenté par MM. O. Cahen et Steinmann.

Gazanion (Paul), ingénieur, chef du Laboratoire de la Compagnie d'électricité de Brest et extensions, 3, rue Neptune, Brest (Finistère), présenté par MM. Muzellec et Drouin.

Perrier (Gaston), ingénieur I. D. N., rue des Caves-Peintes, Chinon (Indre-et-Loire), présenté par MM. Eschwège et E. Fontaine.

Membres correspondants.

MM.

Bertet (Gaétan-Maurice), électricien, 53, avenue du Chemin-de-fer, Vitry-sur-Seine (Seine), présenté par MM. Lépinois et Riellant.

Castaing (Nelson), chef électricien, 134, rue du Mont-Cenis, Paris, présenté par MM. Mary et Fontaine.

Lancelot (Paul), chef d'usine, 17, rue Dussourd, Asnières (Seine), présenté par MM. Eschwège et E. Fontaine.

Sicre (Gaston-Léopold), contremaître électricien, 5, rue Victor-Hugo, Le Coteau (Loire), présenté par MM. Massardier et E. Fontaine.

Usines.

Compagnie chinonaise d'électricité, rue des Caves-Peintes, Chinon (Indre-et-Loire).

Usine électrique de Tarascon-sur-Ariège (Ariège).

Usine électrique de Scey-en-Varais (Doubs).

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations, comme aussi de tous les livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.

Législation et Réglementation. — Loi interdisant, dans la partie maritime des fleuves et cours d'eau utilisables pour la défense nationale, toute obstruction quelle qu'elle soit, sans avis favorable du département de la Marine et sans approbation du Parlement, p. 150.

Arrêté relatif à la composition de la Commission des distributions d'énergie électrique, p. 150.

Arrêté nommant des membres de la Commission des distributions d'énergie électrique, p. 150.

Sociétés, Bilans. — Compagnie générale d'Électricité, p. 151. — Compagnie parisienne de l'air comprimé, p. 151.

Chronique financière et commerciale. — Nouvelles sociétés, p. XXXIX. — Modifications aux statuts et aux conseils, p. XXXIX. — Premières nouvelles sur les installations projetées, p. XLV. — Demandes d'emplois, p. XLI.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Méthode de détermination de l'excitation des machines à courant continu (¹).

I. La question que nous nous proposons de traiter concerne essentiellement la technique pratique; nous nous sommes appliqués à cette recherche en nous plaçant au point de vue de la construction.

Quelques considérations préalables ne seront pas superflues pour mettre en lumière les conditions dans lesquelles se présente le problème.

Tout d'abord, il convient de rappeler que le passage des théories de l'électrotechnique à la pratique impose, pour la solution des problèmes, des hypothèses et assimilations simplificatrices inévitables : les résultats comportent donc une approximation qu'il ne faut ni dissimuler ni ignorer.

On peut s'imposer toutefois qu'une méthode ne soit considérée comme satisfaisante que si elle répond aux conditions ci-après :

1° Suivre, dans ses développements, la marche des phénomènes et le rôle des divers organes qui concourent à leur production;

L'application ne peut évidemment ignorer ni enfreindre les théories dont elle procède et tire ses inspirations les plus fécondes;

2° Ne pas oublier que l'application ne peut mettre les théories en valeur qu'en faisant appel à des hypothèses simplificatrices sans lesquelles son effort serait stérile ou disproportionné, sous réserve que celles-ci ne soient jamais mises en défaut dans des cas particuliers;

3° Ne pas conduire à des résultats par défaut;

4° Ne pas oublier que les phénomènes dont les machines sont le siège se traduisent par des valeurs numériques devant lesquelles certains facteurs, difficiles à apprécier, sont négligeables et, par conséquent, sans intérêt pour la pratique.

Le praticien n'a pas à perdre de temps à la recherche d'une précision illusoire ou sans fruit; il suffit de savoir qu'il y a encore quelque chose au delà des derniers chiffres significatifs des grandeurs considérées.

La connaissance de la méthode est, d'autre part, complète si le praticien possède la notion du degré d'approximation qu'elle implique et s'il a le sentiment net des hypothèses simplificatrices admises ainsi que de leurs rapports avec la réalité des phénomènes.

Avec quelque clairvoyance, on fait ainsi de l'approximation consciente et raisonnée.

Ces principes répondront, par avance, aux critiques qu'on pourrait formuler à l'encontre des méthodes approchées.

Notre objet principal est donc de rechercher une méthode approchée qui, entre les mains des praticiens, ne donne plus prise aux objections fondamentales qu'on peut élever contre celles actuellement en usage.

Il ne faut pas omettre, non plus, que le praticien travaille avec des matières imparfaitement définies, dont l'homogénéité est parfois douteuse et les propriétés physiques ou mécaniques plus ou moins précises.

Enfin, rappelons qu'aucun praticien n'hésite à modifier par excès les résultats de ses calculs simplistes; le coefficient de sécurité que s'accorde l'ingénieur est souvent si important, que cette approximation voulue rend superflue la recherche de résultats plus rigoureux qui ne pourraient être atteints qu'en ayant recours à une analyse mathématique pénible et sans portée réelle.

Nous nous contenterons, en conséquence, d'approximations raisonnées.

II. Considérations sur les caractéristiques des appareils électriques (de transformation ou de conversion). — Les propriétés physiques, mécaniques et électromagnétiques, susceptibles de caractériser le *régime instantané* d'un appareil, sont définies et déterminent, par conséquent, le fonctionnement à un moment et dans des conditions données, quand on fixe les valeurs d'un certain nombre, N, de paramètres.

Ces paramètres sont liés entre eux par des relations qui traduisent les phénomènes dont les appareils sont le siège et confèrent certaines propriétés auxdits appareils.

Le choix de certaines dimensions par le constructeur et les conditions d'utilisation se traduisent par $(N - Q)$ relations entre les paramètres : Q est le degré de liberté laissée à l'exploitant pour varier les conditions de fonctionnement.

Lorsque toutes les valeurs, sauf deux, des paramètres sont fixées par la construction ou par les conditions d'installation, la propriété que possède l'appareil relativement à ces deux paramètres est représentable par une courbe plane; de même, si l'on considérait les relations simultanées de trois variables, la caractéristique représentative de l'ensemble des propriétés serait une surface qu'on devrait appeler *surface caractéristique du régime de fonctionnement.* On donne ordinairement, en pratique courante et par simplification du langage, le nom de *caractéristique* à la courbe représentant la relation de deux variables.

Le constructeur choisit les variables suivant la propriété particulière qu'il désire étudier; il lui est ensuite très simple, par anamorphose, de passer d'un groupe de variables à un autre.

Cette manière de présenter la question générale des caractéristiques des machines nous a été indiquée par

(¹) Communication faite, par M. E.-J. Brunswick, à la séance de la Société internationale des Électriciens du 6 novembre 1912.

notre Collègue M. Bommelaër, professeur à l'École du Génie maritime; nous lui sommes très obligés de l'autorisation qui nous permet de rapporter ces considérations.

Les paramètres relatifs à la construction des machines et appareils électro-magnéto-mécaniques sont :

La f. e. m. E ou le flux $\mathcal{F}$ qui lui est proportionnel;

L'intensité du courant I;

L'intensité du champ ou l'excitation $\mathcal{G}$ qui la détermine;

Le déphasage φ du courant sur la f. e. m.;

La fréquence des variations du magnétisme $\frac{1}{T}$ ou le temps périodique T;

Le rapport de transformation (k), s'il y a lieu;

La vitesse de rotation, ω_m ordinairement en t : m;

Le couple utile ou restitué C.

Le régime instantané d'un appareil quelconque n'est déterminé que quand tous les paramètres ci-dessus énumérés sont eux-mêmes fixés.

Parmi la variété des courbes caractéristiques, l'une des plus significatives, pour les dynamos, est celle qui fixe la relation du flux $\mathcal{F}$ (ou de la force électromotrice E) et de l'excitation $\mathcal{G}$ (en ampères-tours), soit pour le fonctionnement à vide, soit pour celui en charge, tous les autres paramètres étant fixes.

C'est précisément de la détermination de cette courbe caractéristique que nous voulons traiter pour les dynamos à courant continu.

Depuis longtemps, les techniciens se sont ingéniés à rechercher des méthodes appropriées à leurs besoins; on connaît les excellents résultats des méthodes vraiment industrielles dues à Potier et à M. Blondel, en ce qui concerne les alternateurs.

Par une bizarrerie assez peu explicable, les machines à courant continu n'ont pas été l'objet d'une semblable attention; la détermination de leurs caractéristiques est restée assez délaissée.

Non pas que la question ait été absolument négligée, mais elle a été traitée plus sommairement, malgré l'identité des phénomènes pour les deux genres de machines.

Les méthodes contestables, comme on le verra plus loin, usitées pour les machines à courant continu, diffèrent, essentiellement dans leurs principes, de celles en usage pour les alternateurs sans qu'on en voie la raison.

Une telle dualité doit naturellement mettre en défiance tout esprit critique et rendre désirable la recherche d'un procédé satisfaisant pour la raison en posant, comme principe, d'arriver à une méthode qui soit en conformité avec les phénomènes à mettre en valeur et ne se trouve jamais en défaut dans les cas particuliers que comportent certaines applications et présentant, par suite, un caractère avant tout industriel.

III. Revue sommaire des méthodes usuelles. — Il ne sera pas inutile de faire un historique rapide des méthodes de prédétermination de l'excitation des machines à courant continu.

Le calcul des machines, aux origines de la construction, alors que la théorie n'était même pas établie, était remplacé par l'empirisme arbitraire et le sentiment personnel des inventeurs.

La théorie du circuit magnétique d'Hopkinson marque la première étape dans la voie du traitement analytique.

A dater de cette époque, le calcul des caractéristiques (flux ou f. e. m. en fonction de l'excitation) atteint rapidement un degré de précision remarquable, grâce à la connaissance de plus en plus parfaite des matériaux constitutifs du circuit magnétique.

Un peu plus tard, Potier montrait le parti qu'on pourvait tirer des caractéristiques partielles, avec une rigueur des plus satisfaisantes, pour déterminer la caractéristique des alternateurs.

M. Picou indiquait ensuite [1] un procédé de prédétermination de la caractéristique à vide des dynamos à courant continu appuyé sur la connaissance des caractéristiques partielles; cette méthode ne laissait rien à désirer; elle est actuellement courante dans tous les ateliers (*fig.* 1).

L'identité des méthodes, conforme à la réalité, pour le courant continu et pour le courant alternatif est absolue.

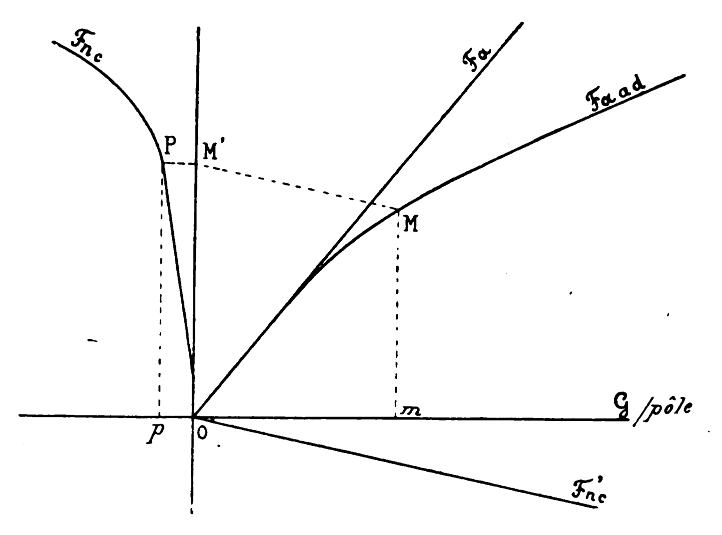


Fig. 1. — Détermination de l'excitation à vide d'une machine à courant continu (méthode des caractéristiques partielles).

F_α, caractéristique d'entrefer; $F_{\alpha ad}$, caractéristique de la zone active; F_{nc}, caractéristique de l'induction; F'_{nc}, caractéristique des dérivations d'induction; Excitation nécessaire au flux ($F_0 = M_m$).

Voyons maintenant ce qu'on a fait pour la détermination de l'excitation en charge à une intensité I_{Aq} dans l'induit, une différence de potentiel U_c aux bornes et une vitesse de rotation ω_m.

Dans les temps primitifs, les constructeurs, voulant calculer *grosso modo* l'excitation en charge, admettaient, au sentiment, qu'à tension aux bornes égale, à vide et en charge, il fallait majorer l'excitation du fonctionnement à vide, de 20 à 40 pour 100; on pourra consulter à

(1) *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, 1902.

titre de vérification les Ouvrages électrotechniques datant de 20 ans environ.

L'expérience aidant, les règles des constructeurs devinrent moins arbitraires, le raisonnement et la critique fondée sur des constatations expérimentales amenèrent quelques progrès qui permirent aux constructeurs de réaliser de puissantes, belles et bonnes machines sans trop d'aléas.

Il peut être permis de regretter cet âge d'or, où les calculs étaient approximatifs, les résultats excellents et où la concurrence permettait encore aux constructeurs et aux exploitants de trouver respectivement leurs comptes dans les transactions et leurs fruits.

Les temps ont changé. Avec les progrès, la précision est entrée davantage dans les spéculations industrielles rendant la concurrence plus âpre, exigeant des praticiens des connaissances plus approfondies.

Diverses méthodes variées apparurent qui, toutes, échappèrent à cette considération, que, abstraction faite de la commutation, il n'y avait pas lieu de faire de différence dans la présentation des réactions des alternateurs et des machines à courant continu.

Pourquoi n'a-t-on pas été frappé de la dualité des procédés, et ne s'est-on pas attaché à étendre aux machines à courant continu les méthodes si excellentes de Potier et de M. Blondel entre autres, venant compléter et parfaire le principe de la méthode de Behn-Eschenburg.

Cette question, à notre connaissance, n'a donné lieu à aucune réponse réellement satisfaisante.

Quoi qu'il en soit, quelques pas ont été faits dans la *bonne voie*.

Notamment Arnold, dans son *Traité de la Machine dynamo à courant continu*, préconisa l'application des méthodes de court circuit pour l'essai de ces machines; quelques constructeurs avisés appliquent cette méthode comme critérium expérimental des conditions de la commutation.

Nous citerons encore, plus récemment, la méthode un peu laborieuse indiquée par M. Pichelmayer dans son excellent Ouvrage *Dynamobau*.

Mais ce sont des exceptions et les méthodes les plus classiques dont les Ouvrages techniques sont remplis restent, comme nous allons le montrer, susceptibles d'être en défaut et, comme telles, ne répondent pas à la réalité; elles doivent être, en conséquence, radicalement rejetées.

IV. Voyons donc ce qu'est la méthode la plus usuelle.

Tout le monde s'accorde, lorsqu'il s'agit de tenir compte, pour l'évaluation de l'excitation nécessaire en charge, des effets de la réaction d'induit, à considérer la réaction électromagnétique due au courant d'induit comme décomposable « en réaction transversale » et en « réaction démagnétisante » ou « inverse ». Il n'y a pas de contestation, quant à la manière de tenir compte de la réaction démagnétisante; celle-ci correspond à une simple diminution arithmétique de la force magnétomotrice appliquée à l'inducteur.

Quant à la réaction transversale, le procédé consiste, pour évaluer l'excitation totale, à considérer le point de la caractéristique à vide relatif à la force électromotrice à engendrer; on porte ensuite, de chaque côté de l'abscisse correspondante, une force magnétomotrice égale à la moitié de la réaction transversale (*fig.* 2).

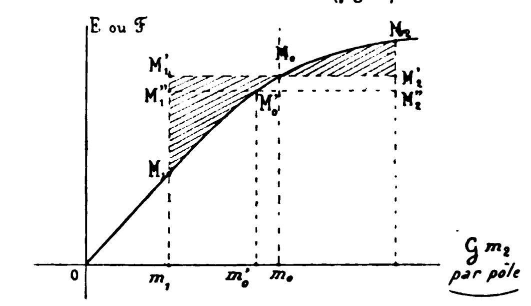


Fig. 2. — Caractéristique à vide

$$E = f(\mathcal{G}),$$
$$I_{A_q} = 0.$$

Effet de la réaction transversale d'après les méthodes usuelles

$$\text{Aire } M'_1 M_0 M_1 \neq \text{aire } M_0 M_2 M'_2,$$

d'où

$$F_{u_c} < F_0 \quad \text{et} \quad E_c < E_0$$

à excitation égale. $m'_0\, m_0 =$ excitation complémentaire.

Menant alors les ordonnées extrêmes et la parallèle à l'axe des abscisses passant par le point considéré de la caractéristique à vide, on observe que les aires des petits triangles curvilignes fournis par cette construction et limités par le contour de la caractéristique à vide ne sont pas égales en raison de la courbure de celles-ci, ainsi qu'il conviendrait pour que le flux conserve la même valeur qu'à vide.

Il faut donc, dit-on, augmenter l'excitation d'une valeur appropriée et facile à déterminer.

Cette manière de raisonner est basée sur l'assimilation de la caractéristique à vide de celle relative au flux traversant réellement l'induit.

La construction visée se justifiait, semble-t-il, ainsi :

Dans la marche à vide, le flux étant uniformément réparti, l'intensité du champ est uniforme sous la face polaire; le flux peut alors être représenté par un rectangle dont la hauteur ou ordonnée est proportionnelle à la valeur du champ moyen au point considéré de la caractéristique et dont la base figurant le développement de l'arc polaire est une parallèle à l'axe des excitations.

Admettant qu'il n'y ait pas saturation dans la région du champ (sous la pièce polaire), lorsque la réaction transversale fera sentir son effet, la force magnétomotrice due au courant d'induit, étant elle-même uniformément répartie, affaiblira le champ sous une moitié de la zone polaire et le renforcera sous l'autre, ceci proportionnellement à la force magnétomotrice de réaction transversale.

Si donc on porte, de part et d'autre de l'ordonnée relative au flux considéré, la moitié de la force magnétomotrice de réaction transversale, les intensités de champ étant supposées proportionnelles aux forces magnétomotrices résultantes, celles-ci sont, pour une moitié de la pièce polaire (voir *fig.* 2),

$$\mathcal{G}_0 + \frac{\mathcal{G}_{ut}}{2},$$

$$\mathcal{G}_0 - \frac{\mathcal{G}_{ut}}{2},$$

où $\mathcal{G}_0$ est l'excitation à vide pour le flux considéré et $\frac{\mathcal{G}_{tt}}{2}$ la moitié de la force magnétomotrice de réaction transversale.

Les intensités de champ sous la pièce polaire sont, en chaque point, proportionnelles aux valeurs de la force magnétomotrice résultante en chaque point.

La figure 2 montre le tracé qui vient d'être exposé; nous ne croyons pas intéressant d'insister sur la pseudo-justification de cette méthode répandue dans les Ouvrages classiques.

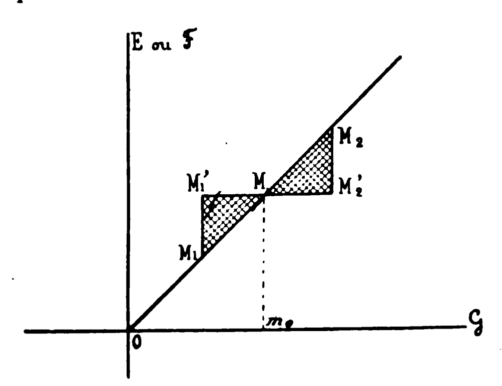


Fig. 3. — Cas d'une machine à caractéristique rectiligne. Effet de la réaction transversale d'après les méthodes usuelles.

Pour simple critique, il suffira de montrer qu'elle est en défaut.

Considérons une machine utilisée dans la partie rectiligne de sa caractéristique (*fig.* 3) et dont, pour des raisons accessoires, le calage des balais soit imposé à la zone neutre théorique de la marche à vide.

Quand cette machine sera en charge, la réaction démagnétisante sera rigoureusement nulle; de même, l'application du procédé rappelé plus haut attribuera *une valeur nulle à l'effet de la réaction transversale.*

Dans ces conditions, en opérant comme précédemment, l'on trouve :

Réaction démagnétisante.............	nulle
Moitié de la transversale	$= \frac{NI_{tt}q}{2,8\,ap}$

En conséquence, il n'y aurait pas lieu d'augmenter l'excitation initiale, les deux aires $M_0\,M_1\,M'_1$ et $M_0\,M_2\,M'_2$ étant égales.

Or, nous n'apprendrons rien à personne en disant que ce résultat est en *contradiction formelle* avec la réalité; c'est, au contraire, dans ces circonstances que le renforcement de l'excitation est le plus prononcé.

La méthode est donc en défaut.

Après avoir mis la solution examinée sous un jour plus exact, il nous reste à exposer celle que nous proposons d'y substituer.

Le caractère particulier à cette méthode est de situer les phénomènes en conformant son développement à leur action et tenant compte du rôle des divers organes participant à leurs manifestations.

V. La recherche d'une méthode rationnelle est, selon nous, inséparable des principes suivants :

Il est essentiel de se préoccuper : 1° des phénomènes et de leurs actions réciproques;

2° Du milieu dans lequel lesdits phénomènes se manifestent;

3° Du rôle des organes;

4° De mettre en lumière les simplifications et approximations auxquelles le praticien est obligé de se soumettre.

Les simplifications et approximations, auxquelles nous ferons appel ici, sont d'usage courant.

Nous admettons ainsi que le flux, comme les forces magnétomotrices en présence, se combinent entre eux vectoriellement.

Nous négligeons, d'autre part, les flux secondaires tels que ceux dus aux courants de Foucault dans l'armature de l'induit.

Enfin, nous négligerons les variations de la répartition du champ sous les pièces polaires et l'influence de l'inclinaison des lignes de force dans l'entrefer lorsque l'induit est parcouru par un courant.

Toutes ces choses sont d'importance négligeable vis-à-vis des simplifications fondamentales et de la correction de sécurité que le technicien applique finalement aux résultats de ses calculs.

VI. Phénomènes dont les machines a courant continu sont le siège; régions ou ces phénomènes se développent. — Abstraction faite de la commutation dont nous n'avons pas à nous occuper ici, il y a lieu de considérer la production du flux inducteur, le développement du flux d'induction qui engendre la f. e. m. de l'induit soit à vide, soit en charge, l'effet du flux de réaction dû au courant parcourant l'induit et au décalage imposé par la commutation.

Ces divers phénomènes manifestent leurs actions respectives dans des régions bien déterminées.

Le flux d'induction engendré par la force magnétomotrice des bobines inductrices s'établit dans le corps même de l'inducteur et tout le circuit magnétique qui le complète; il comprend le flux émanant de la pièce polaire, ou flux utile, dans la marche à vide comme dans celle en charge, et le flux *dérivé* correspondant aux fuites ou dérivations magnétiques de l'inducteur proprement dit.

Nous appellerons *zone active* la région dans laquelle l'induit travaille effectivement, c'est-à-dire la région constituée par l'entrefer, la denture et les encoches et la culasse d'induit.

Le flux de réaction est produit par la f. m. m. de réaction d'induit, laquelle est égale au produit du nombre de spires de l'enroulement induit par le courant qui y circule.

Il est commode, pour les calculs, de considérer les flux et f. m. m. pour un pôle. La f. m. m. de réaction par pôle sera donc égal au quotient, par 2 p (nombre de pôles de l'inducteur) de la f. m. m. de réaction de tout l'ensemble de l'induit.

Le flux de réaction peut être considéré, sans grande erreur, quant à sa direction moyenne, comme orienté, dans l'espace, suivant le plan de calage des balais.

Les deux flux d'induction et de réaction interfèrent dans la zone active.

Le flux de réaction y provoque la dispersion du flux inducteur. Le flux résultant est déplacé par rapport à l'axe moyen des pôles, direction qu'il avait dans le fonctionnement à vide; la zone neutre, dans le fonctionnement en charge, est décalée, en réalité, sur la position de la zone neutre géométrique de la marche à vide d'un angle correspondant; la région en charge, où la variation de flux est nulle, est elle-même décalée par rapport à la position où elle était nulle à vide.

Tout se passe, en charge, comme si l'axe en pôles avait été entraîné par la déformation du champ.

On peut donc admettre que la f. e. m. induite disponible aux balais devenant, en charge, maximum suivant la nouvelle zone neutre, le flux d'induction qui l'engendre en traversant l'induit est à $\frac{\pi}{2}$ sur cette zone neutre.

Influence de la commutation. — La commutation exige un décalage plus ou moins prononcé par rapport à la zone neutre résultante en charge.

Théoriquement, ce décalage supplémentaire est toujours nécessaire, la commutation exigeant que les balais soient un peu en avance (en génératrice) ou en retard (réceptrice) sur la zone de variation d'induction nulle en charge.

Le décalage pratique est donc, en définitive,

$$\hat{\varphi} + \hat{\varphi}',$$

où φ' est généralement négligeable devant $\hat{\varphi}$, alors même que $\hat{\varphi}$ est souvent nul.

La figure 4 montre le diagramme du flux.

Du côté des f. m. m., nous avons à considérer, d'une part, la f. m. m. principale disposée sur l'inducteur et, d'autre part, la f. m. m. de réaction.

Ces deux f. m. m. interfèrent enfin entre elles, et c'est

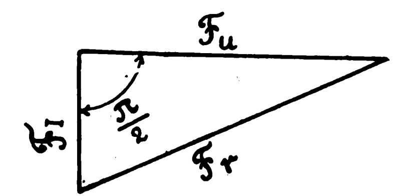


Fig. 4. — Diagramme du flux.

leur action résultante qui engendre le flux d'induction dans la zone active.

Mais l'effet du décalage vient ici compliquer ou simplifier les choses.

On peut diviser la f. m. m. de réaction en deux composantes : l'une, qui est la réaction démagnétisante et l'autre la f. m. m. de réaction transversale.

La f. m. m. de réaction démagnétisante ou, pour abréger, la réaction démagnétisante G_{Id} est égale, en ampèrestours et par pôle, à la somme des ampères-tours compris, pour l'enroulement induit, dans un angle double de l'angle de décalage $\hat{\varphi}$ des balais par rapport à la zone neutre géométrique (à vide).

Évidemment, cette réaction démagnétisante se retranche arithmétiquement de la f. m. m. d'excitation des inducteurs; il faut en compenser l'effet, pour conserver la valeur voulue aux flux d'induction, par l'adjonction d'une excitation égale sur les inducteurs.

Quant à la réaction transversale (par pôle), $\mathcal{G}_{It}$, elle est égale à la réaction totale $\mathcal{G}_{I\,tot}$ par pôle diminuée de $\mathcal{G}_{Id}$.

Mais cette considération appelle un facteur de correction.

En effet, la réaction transversale est uniformément répartie autour de l'induit; les spires qui la constituent virtuellement n'embrassent pas des aires égales.

Le circuit magnétique sur lequel ces spires agissent n'a pas la même réluctance, pour toutes, que le circuit magnétique inducteur principal. La figure 5 donne une idée sommaire des faits.

Pour ce dernier, la plus grande partie de la réluctance est constituée par l'entrefer principal de la machine, tandis que pour le parcours du flux de réaction, la réluctance d'air est beaucoup plus grande.

Afin de tenir compte, judicieusement par la suite, de l'action dans la zone active, de la f. m. m. de l'inducteur et de celle de réaction transversale, il convient d'affecter

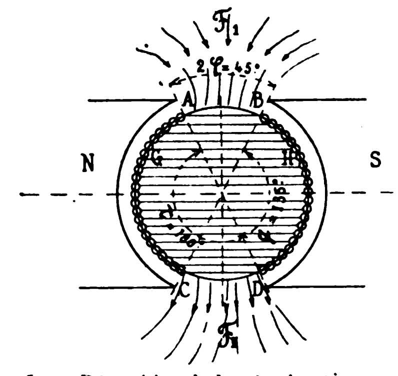


Fig. 5. — Répartition de la réaction transversale.

celle-ci d'un *facteur de forme* inférieur à l'unité et qu'on peut prendre égal à $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{3}$ environ; cela revient à remplacer la valeur de la f. m. m. de réaction par une f. m. m. équivalente.

C'est l'analogue du facteur de forme des enroulements répartis ou massés des alternateurs.

Si l'on admet cette correction, la composition des f. m. m. d'inducteur et de réaction détermine la résultante de ces deux grandeurs.

Quant à l'orientation des deux vecteurs représentatifs de ces f. m. m., elle est toute indiquée, la création transversale étant exactement en quadrature avec l'excitation de l'inducteur.

Le triangle est ainsi déterminé physiquement et en grandeur.

Nous retiendrons, en outre, pour la suite, que les compositions des flux et des f. m. m. qui viennent d'être envisagées ne concernent que la zone active.

Il nous reste maintenant à admettre, conformément à la vérité, que le flux de réaction est calculable en fonction des dimensions de la machine; cette opération est,

3...

il faut le dire, assez fastidieuse. Il peut être avantageux de la remplacer par une détermination expérimentale, comme nous l'indiquerons plus loin; la précision pratique est alors bien supérieure à celle que le calcul permettrait.

Les considérations fondamentales étant épuisées, nous pouvons passer en connaissance de cause, à l'exposé de la méthode que nous préconisons.

VII. Pour mémoire et que le travail soit complet, nous rappellerons succinctement le procédé de détermination de l'excitation à vide $\mathcal{G}_{0p}$, par pôle pour un flux donné $\mathfrak{F}_0$ à une vitesse de rotation ω_m.

La considération des caractéristiques partielles satisfait pleinement, comme nous l'avons dit, à ce problème.

Si les matériaux employés sont suffisamment connus, ainsi que les dimensions (entrefer, encoches, dentures, sections de passage du flux), la caractéristique à vide

$$\mathfrak{F}_0 = f(\mathcal{G}_{0p})$$

peut se calculer facilement avec exactitude à 2 ou 3 pour 100 près, entre la caractéristique calculée et celle relevée expérimentalement.

Caractéristiques a vide $U_0 = E_0 = f(\mathcal{G})$. — La caractéristique à vide, en excitation séparée et à vitesse constante, se déduit des caractéristiques partielles du flux en fonction de l'excitation par pôle, relatives aux diverses parties du circuit magnétique, le flux dans chacune d'elles étant considéré comme constant.

La figure 1 rappelle l'application de la méthode de M. Picou (voir *Bull. de la Soc. int. des Elect.*, 1902); les caractéristiques considérées sont celles relatives aux flux :

1° Dans l'entrefer, la denture et la culasse d'induit,

$$\mathfrak{F}_{\alpha ad} = f_1(\mathcal{G});$$

2° Dans le noyau inducteur, l'épanouissement et la culasse d'inducteur,

$$\mathfrak{F}_{uc} = f_2(\mathcal{G});$$

3° Des dérivations de l'inducteur,

$$\mathfrak{F}'_{uc} = f_3(\mathcal{G}).$$

Soit $\mathfrak{F}_0 = \mathrm{M}m$, le flux correspondant à la f. e. m. $E_0 = U_0$.

L'excitation, pour le flux $\mathfrak{F}_0$ (denture, etc.) $= om$.

MM′, parallèle à la tangente, à la caractéristique $\mathfrak{F}_{uc}$ est menée jusqu'à l'axe des $\mathfrak{F}$; Pp est le flux total, à vide, dans l'inducteur, exigeant une excitation égale op.

L'excitation totale $\mathcal{G}_{0\,tot.}$ pour le flux d'induction $\mathfrak{F}_0$ dans l'induit est, en conséquence,

$$\mathfrak{F}_{0\,tot.} = om. + op.$$

Connaissant les valeurs $\mathfrak{F}_0$ pour les diverses valeurs de $\mathfrak{F}_0$ on peut tracer la caractéristique $\mathfrak{F}_0 = f(\mathcal{G}_0)$, dite *caractéristique à vide*.

Détermination de l'excitation nécessaire pour engendrer une différence de potentiel aux bornes ou aux balais U_c avec une intensité I_{Aq} a une vitesse de rotation ω_m. — Conformément aux principes exposés, nous considérerons séparément les grandeurs entrant en jeu des flux et des f. m. m.

Ayant défini la *zone active*, la première partie du problème consistera à évaluer le flux émanant de l'inducteur ou flux total dans la zone active.

A cet effet, nous déterminerons d'abord la valeur du flux utile d'induction, c'est-à-dire du flux traversant effectivement l'induit pour produire la différence de potentiel U_c prévue.

La f. e. m. induite devra être

$$E_c = U_c + r_A(I_{Aq}) + r_k I_{Aq},$$

en appelant : r_A la résistance de l'enroulement induit à chaud, mesurée entre les lames du collecteur correspondant aux balais + et —, r_k la contactance ou pseudo-résistance au contact entre balais et collecteur, et enfin I_{Aq} le courant total que devra débiter l'induit (excitation comprise si besoin).

La f. e. m. E_c exige, pour être engendrée, un flux utile d'induction $\mathfrak{F}_u$ par pôle.

Quant au flux de réaction par pôle, $\mathfrak{F}_I$, nous l'avons considéré comme calculable ou déduit de mesures expérimentales sur des types de dimensions semblables; nous en supposerons la valeur ici connue, soit $\mathfrak{F}_I$.

Le flux total d'inducteur $\mathfrak{F}_r$ *dans la zone active* est égal à la somme géométrique des deux flux $\mathfrak{F}_u$ et $\mathfrak{F}_I$ à $\frac{\pi}{2}$, l'un de l'autre en négligeant, pour la pratique, le décalage $\widehat{\varphi'}$ entre la zone neutre en charge (ou de variation d'induction nulle) et le plan de calage des balais.

La figure 6 montre comment on opère la composition des flux.

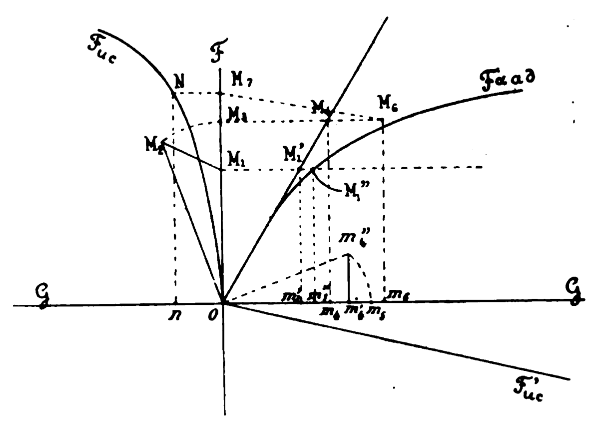


Fig. 6. — Détermination de l'excitation en charge, diagrammes du flux et des excitations.

Nota. — L'angle $o\mathrm{M}_1\mathrm{M}_2$ a été exagéré à dessein; en réalité $\widehat{o\mathrm{M}_1\mathrm{M}_2} \cong \frac{\pi}{2} + \widehat{\Sigma}\,\widehat{\Sigma}_1$ très petit.

On y voit, à gauche de l'axe des $\mathfrak{F}$, le triangle des flux dans lequel

$$\mathfrak{F}_u = o\mathrm{M}_1,$$
$$\mathfrak{F}_I = \mathrm{M}_1\mathrm{M}_2,$$
$$\mathfrak{F}_r = o\mathrm{M}_2,$$

l'angle $\widehat{o\mathrm{M}_1\mathrm{M}_2}$ a été exagéré à dessein.

La valeur du flux $\mathcal{F}_r$ se ramène en $o\,M_3$, sur l'axe des $\mathcal{F}$.

Le flux $\mathcal{F}_{r_1}$, dans la zone active, émanant de la pièce polaire, il faut le reporter à la caractéristique partielle de la zone active *limitée évidemment à l'entrefer*.

On en lira la valeur sur le prolongement de la *partie rectiligne* de la caractéristique partielle $\mathcal{F}_{\alpha a d}$ en $M_4\,m_4$.

L'excitation nécessaire à la production de $\mathcal{F}_r$, pour l'entrefer seul, se lira en om_4, m_4 étant la projection du point M_4.

Mais, sous l'effet du flux de réaction $\mathcal{F}_1$, le flux utile qui traverse la portion du circuit magnétique faisant immédiatement suite à la zone active, a pour valeur $\mathcal{F}_0$.

Les inductions dans la denture et dans la culasse d'induit ont des valeurs fixées par celle de $\mathcal{F}_u$.

On peut lire, par suite, la f. m. m. nécessaire à cette partie du circuit magnétique en se reportant à la caractéristique partielle $\mathcal{F}_{\alpha a d}$ au point correspondant à la valeur de $\mathcal{F}_u$: la différence des abscisses relatives à $\mathcal{F}_u$, lue sur la partie rectiligne de cette caractéristique (entrefer seul), et à $\mathcal{F}_u$ sur la courbe, est précisément égale à la f. m. m. exigée, en charge, pour le passage du même flux $\mathcal{F}_u$, dans les parties de la zone active ainsi considérées; cette excitation est égale à M_1, M'_1, qu'on reporte en $m_4\ m'_4$.

On a ainsi en $o\,m'_4$, l'excitation totale relative à l'entrefer et à l'induit pour toute la zone active.

Voyons maintenant le rôle des f. m. m. combinées, dans la zone active, de l'inducteur et de l'induit.

Les explications données antérieurement montrent qu'il faut composer géométriquement la f. m. m. d'induction et la réaction transversale en affectant celle-ci d'un coefficient de forme ou de réduction, $k < 1$, en pratique $k \cong \frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$, et même moins suivant les dispositions et dimensions des machines.

Cela revient à substituer une f. m. m. équivalente à la valeur absolue de la réaction.

Il suffit de construire un triangle rectangle dont les côtés de l'angle droit seront

$$om'_4 \quad \text{et} \quad (k\mathcal{G}_{It}) = m'_4\,m''_4.$$

L'hypoténuse $o\,m''_4$ donne la valeur de l'excitation résultante nécessaire; on la ramène en $o\,m_5 = o\,m''_4$, sur l'axe des abscisses.

A cette valeur $o\,m_5$, il convient d'ajouter la réaction démagnétisante $\mathcal{G}_{Id} = m_5\,m_6$ par simple opération arithmétique.

On obtient ainsi l'excitation totale om_6 pour la zone active.

Cette excitation, appliquée à la pièce polaire, détermine (étant donnée la perméance relative aux fuites des inducteurs, représentée par la courbe $\mathcal{F}_{uc}$ en fonction des excitations par pôle), conformément à un procédé connu, un flux dérivé $M_3\,M_7$ que l'inducteur doit nécessairement fournir.

Ayant relevé m_6 en M_6 sur le prolongement de $M_3\,M_4$ (ordonnée de $\mathcal{F}_r$), on mène $M_6\,M_7$ parallèle à la tangente à $\mathcal{F}'_{uc}$.

Le flux total d'inducteur a pour valeur $o\,M_7 = o\,M_3$ qui exige une excitation *on* qu'on lit sur la caractéristique partielle $\mathcal{F}_{uc}$ de l'inducteur.

La somme $on + om_6$, donne l'excitation totale pour le régime proposé $U_c\,I_c\,\omega_m$.

VIII. Détermination du flux de réaction. — Nous avons dit que le flux de réaction était calculable, mais que cette opération était fastidieuse.

De plus, en raison des incertitudes que le calcul implique et des hypothèses qu'il faut inévitablement introduire pour le rendre praticable, le résultat est sujet à caution, quelque soin qu'on prenne. Laissons donc la recherche mathématique de côté.

Il est une ressource pour tourner la difficulté par une détermination expérimentale du flux de réaction sur des machines de proportions connues; on en déduira, avec une approximation bien supérieure à celle du calcul direct, la valeur de ce flux pour des machines de dimensions quelconques; c'est une manière de procéder des plus courantes dans la pratique.

La détermination expérimentale du flux de réaction peut s'opérer par des mesures balistiques toujours assez délicates, ou plus pratiquement, par un essai en *court circuit*, ou encore par déduction d'une partie connue de la caractéristique en charge, à débit donné, en excitation séparée : ces deux méthodes sont aussi simples l'une que l'autre, elles reposent sur la même conception.

On peut, sans grande erreur, surtout si l'on s'en tient à la partie rectiligne, c'est-à-dire abstraction faite de la saturation, substituer à la caractéristique partielle de la zone active celle dite *caractéristique à vide* [tension aux bornes $U_0 = E_0 = f(\mathcal{G})$, en fonction de l'excitation par pôle].

La pratique confirme aussi que la caractéristique à débit constant, et en excitation séparée (*fig.* 7), est une

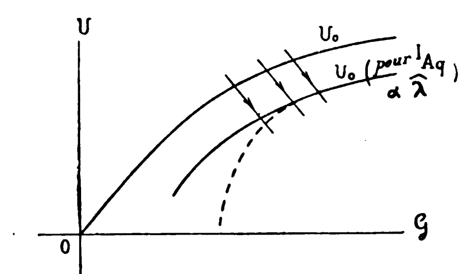


Fig. 7. — Caractéristiques à vide et à débit I_{Aq}.

courbe presque parallèle à la caractéristique à vide, surtout dans les régions saturées; dans la région non saturée, c'est-à-dire vers le pied de la courbe, on observe qu'elle s'écarte plus franchement du parallélisme.

Notons en passant que le fait est conforme à la théorie des alternateurs, à propos de laquelle Potier a démontré qu'à débit uniquement réactif, ladite caractéristique devrait être obtenue par une sorte de déplacement oblique de la caractéristique à vide; lorsque le courant n'est que partiellement réactif, le même écart signalé plus haut pour le courant continu se manifeste dans le cas des alternateurs.

Connaissant la caractéristique à vide relevée expéri-

il faut le dire, assez fastidieuse. Il peut être avantageux de la remplacer par une détermination expérimentale, comme nous l'indiquerons plus loin; la précision pratique est alors bien supérieure à celle que le calcul permettrait.

Les considérations fondamentales étant épuisées, nous pouvons passer en connaissance de cause, à l'exposé de la méthode que nous préconisons.

VII. Pour mémoire et que le travail soit complet, nous rappellerons succinctement le procédé de détermination de l'excitation à vide $\mathcal{G}_{op}$, par pôle pour un flux donné $\mathfrak{F}_0$ à une vitesse de rotation ω_m.

La considération des caractéristiques partielles satisfait pleinement, comme nous l'avons dit, à ce problème.

Si les matériaux employés sont suffisamment connus, ainsi que les dimensions (entrefer, encoches, dentures, sections de passage du flux), la caractéristique à vide

$$\mathfrak{F}_0 = f(\mathcal{G}_{op})$$

peut se calculer facilement avec exactitude à 2 ou 3 pour 100 près, entre la caractéristique calculée et celle relevée expérimentalement.

Caractéristiques a vide $U_0 = E_0 = f(\mathcal{G})$. — La caractéristique à vide, en excitation séparée et à vitesse constante, se déduit des caractéristiques partielles du flux en fonction de l'excitation par pôle, relatives aux diverses parties du circuit magnétique, le flux dans chacune d'elles étant considéré comme constant.

La figure 1 rappelle l'application de la méthode de M. Picou (voir *Bull. de la Soc. int. des Elect.*, 1902); les caractéristiques considérées sont celles relatives aux flux :

1° Dans l'entrefer, la denture et la culasse d'induit,

$$\mathfrak{F}_{aad} = f_1(\mathcal{G});$$

2° Dans le noyau inducteur, l'épanouissement et la culasse d'inducteur,

$$\mathfrak{F}_{uc} = f_2(\mathcal{G});$$

3° Des dérivations de l'inducteur,

$$\mathfrak{F}'_{uc} = f_3(\mathcal{G}).$$

Soit $\mathfrak{F}_0 = \mathrm{M}m$, le flux correspondant à la f. e. m. $E_0 = U_0$.

L'excitation, pour le flux $\mathfrak{F}_0$ (denture, etc.) $= om$.

MM', parallèle à la tangente, à la caractéristique $\mathfrak{F}_{uc}$ est menée jusqu'à l'axe des $\mathfrak{F}$; Pp est le flux total, à vide, dans l'inducteur, exigeant une excitation égale op.

L'excitation totale $\mathcal{G}_{0\,\text{tot.}}$ pour le flux d'induction $\mathfrak{F}_0$ dans l'induit est, en conséquence,

$$\mathfrak{F}_{0\,\text{tot.}} = om. + op.$$

Connaissant les valeurs $\mathfrak{F}_0$ pour les diverses valeurs de $\mathfrak{F}_0$ on peut tracer la caractéristique $\mathfrak{F}_0 = f(\mathcal{G}_0)$, dite *caractéristique à vide*.

Détermination de l'excitation nécessaire pour engendrer une différence de potentiel aux bornes ou aux balais U_c avec une intensité I_{Aq} a une vitesse de rotation ω_m. — Conformément aux principes exposés, nous considérerons séparément les grandeurs entrant en jeu des flux et des f. m. m.

Ayant défini la *zone active*, la première partie du problème consistera à évaluer le flux émanant de l'inducteur ou flux total dans la zone active.

A cet effet, nous déterminerons d'abord la valeur du flux utile d'induction, c'est-à-dire du flux traversant effectivement l'induit pour produire la différence de potentiel U_c prévue.

La f. e. m. induite devra être

$$E_c = U_c + r_A(I_{Aq}) + r_k I_{Aq},$$

en appelant : r_A la résistance de l'enroulement induit à chaud, mesurée entre les lames du collecteur correspondant aux balais + et —, r_k la contactance ou pseudo-résistance au contact entre balais et collecteur, et enfin I_{Aq} le courant total que devra débiter l'induit (excitation comprise si besoin).

La f. e. m. E_c exige, pour être engendrée, un flux utile d'induction $\mathfrak{F}_u$ par pôle.

Quant au flux de réaction par pôle, $\mathfrak{F}_l$, nous l'avons considéré comme calculable ou déduit de mesures expérimentales sur des types de dimensions semblables; nous en supposerons la valeur ici connue, soit $\mathfrak{F}_l$.

Le flux total d'inducteur $\mathfrak{F}_r$ *dans la zone active* est égal à la somme géométrique des deux flux $\mathfrak{F}_u$ et $\mathfrak{F}_l$ à $\frac{\pi}{2}$, l'un de l'autre en négligeant, pour la pratique, le décalage $\widehat{\varphi'}$ entre la zone neutre en charge (ou de variation d'induction nulle) et le plan de calage des balais.

La figure 6 montre comment on opère la composition des flux.

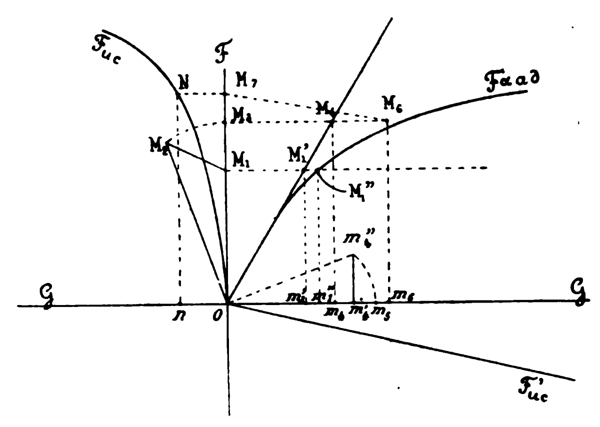


Fig. 6. — Détermination de l'excitation en charge, diagrammes du flux et des excitations.

Nota. — L'angle $o\mathrm{M}_1\mathrm{M}_2$ a été exagéré à dessein; en réalité $\widehat{o\mathrm{M}_1\mathrm{M}_2} \cong \frac{\pi}{2} + \widehat{\Sigma}\,\widehat{\Sigma_1}$ très petit.

On y voit, à gauche de l'axe des $\mathfrak{F}$, le triangle des flux dans lequel

$$\mathfrak{F}_u = o\mathrm{M}_1,$$
$$\mathfrak{F}_l = \mathrm{M}_1\mathrm{M}_2,$$
$$\mathfrak{F}_r = o\mathrm{M}_2,$$

l'angle $\widehat{o\,\mathrm{M}_1\mathrm{M}_2}$ a été exagéré à dessein.

La valeur du flux $\mathcal{F}_r$ se ramène en $o\,M_3$, sur l'axe des $\mathcal{F}$.

Le flux $\mathcal{F}_{r^3}$, dans la zone active, émanant de la pièce polaire, il faut le reporter à la caractéristique partielle de la zone active *limitée évidemment à l'entrefer*.

On en lira la valeur sur le prolongement de la *partie rectiligne* de la caractéristique partielle $\mathcal{F}_{\alpha ad}$ en $M_4\,m_4$.

L'excitation nécessaire à la production de $\mathcal{F}_r$, pour l'entrefer seul, se lira en om_4, m_4 étant la projection du point M_4.

Mais, sous l'effet du flux de réaction $\mathcal{F}_1$, le flux utile qui traverse la portion du circuit magnétique faisant immédiatement suite à la zone active, a pour valeur $\mathcal{F}_0$.

Les inductions dans la denture et dans la culasse d'induit ont des valeurs fixées par celle de $\mathcal{F}_u$.

On peut lire, par suite, la f. m. m. nécessaire à cette partie du circuit magnétique en se reportant à la caractéristique partielle $\mathcal{F}_{\alpha ad}$ au point correspondant à la valeur de $\mathcal{F}_u$: la différence des abscisses relatives à $\mathcal{F}_u$, lue sur la partie rectiligne de cette caractéristique (entrefer seul), et à $\mathcal{F}_u$ sur la courbe, est précisément égale à la f. m. m. exigée, en charge, pour le passage du même flux $\mathcal{F}_u$, dans les parties de la zone active ainsi considérées; cette excitation est égale à M_1, M'_1, qu'on reporte en $m_4\,m'_4$.

On a ainsi en $o\,m'_4$, l'excitation totale relative à l'entrefer et à l'induit pour toute la zone active.

Voyons maintenant le rôle des f. m. m. combinées, dans la zone active, de l'inducteur et de l'induit.

Les explications données antérieurement montrent qu'il faut composer géométriquement la f. m. m. d'induction et la réaction transversale en affectant celle-ci d'un coefficient de forme ou de réduction, $k < 1$, en pratique $k \simeq \frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$, et même moins suivant les dispositions et dimensions des machines.

Cela revient à substituer une f. m. m. équivalente à la valeur absolue de la réaction.

Il suffit de construire un triangle rectangle dont les côtés de l'angle droit seront

$$om'_4 \quad \text{et} \quad (k\mathcal{G}_{It}) = m'_4\,m''_4.$$

L'hypoténuse $o\,m''_4$ donne la valeur de l'excitation résultante nécessaire; on la ramène en $o\,m_5 = o\,m''_4$, sur l'axe des abscisses.

A cette valeur $o\,m_5$, il convient d'ajouter la réaction démagnétisante $\mathcal{G}_{Id} = m_5\,m_6$ par simple opération arithmétique.

On obtient ainsi l'excitation totale om_6 pour la zone active.

Cette excitation, appliquée à la pièce polaire, détermine (étant donnée la perméance relative aux fuites des inducteurs, représentée par la courbe $\mathcal{F}_{uc}$ en fonction des excitations par pôle), conformément à un procédé connu, un flux dérivé $M_3\,M_7$ que l'inducteur doit nécessairement fournir.

Ayant relevé m_6 en M_6 sur le prolongement de $M_3\,M_4$ (ordonnée de $\mathcal{F}_r$), on mène $M_6\,M_7$ parallèle à la tangente à $\mathcal{F}'_{uc}$.

Le flux total d'inducteur a pour valeur $o\,M_7 = o\,M_3$ qui exige une excitation on qu'on lit sur la caractéristique partielle $\mathcal{F}_{uc}$ de l'inducteur.

La somme $on + om_6$, donne l'excitation totale pour le régime proposé $U_c\,I_c\,\omega_m$.

VIII. Détermination du flux de réaction. — Nous avons dit que le flux de réaction était calculable, mais que cette opération était fastidieuse.

De plus, en raison des incertitudes que le calcul implique et des hypothèses qu'il faut inévitablement introduire pour le rendre praticable, le résultat est sujet à caution, quelque soin qu'on prenne. Laissons donc la recherche mathématique de côté.

Il est une ressource pour tourner la difficulté par une détermination expérimentale du flux de réaction sur des machines de proportions connues; on en déduira, avec une approximation bien supérieure à celle du calcul direct, la valeur de ce flux pour des machines de dimensions quelconques; c'est une manière de procéder des plus courantes dans la pratique.

La détermination expérimentale du flux de réaction peut s'opérer par des mesures balistiques toujours assez délicates, ou plus pratiquement, par un essai en *court circuit*, ou encore par déduction d'une partie connue de la caractéristique en charge, à débit donné, en excitation séparée : ces deux méthodes sont aussi simples l'une que l'autre, elles reposent sur la même conception.

On peut, sans grande erreur, surtout si l'on s'en tient à la partie rectiligne, c'est-à-dire abstraction faite de la saturation, substituer à la caractéristique partielle de la zone active celle dite *caractéristique à vide* [tension aux bornes $U_0 = E_0 = f(\mathcal{G})$, en fonction de l'excitation par pôle].

La pratique confirme aussi que la caractéristique à débit constant, et en excitation séparée (*fig.* 7), est une

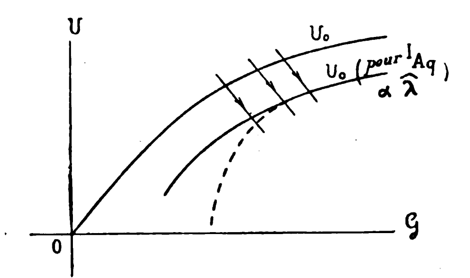


Fig. 7. — Caractéristiques à vide et à débit I_{Aq}.

courbe presque parallèle à la caractéristique à vide, surtout dans les régions saturées; dans la région non saturée, c'est-à-dire vers le pied de la courbe, on observe qu'elle s'écarte plus franchement du parallélisme.

Notons en passant que le fait est conforme à la théorie des alternateurs, à propos de laquelle Potier a démontré qu'à débit uniquement réactif, ladite caractéristique devrait être obtenue par une sorte de déplacement oblique de la caractéristique à vide; lorsque le courant n'est que partiellement réactif, le même écart signalé plus haut pour le courant continu se manifeste dans le cas des alternateurs.

Connaissant la caractéristique à vide relevée expéri-

mentalement ainsi que l'allure de la courbe de $\mathfrak{F}_c = f(\mathcal{G})$ (deux points suffisent, à la rigueur) pour I_{Aq}, on peut, à l'estime et avec quelque pratique, prolonger la courbe jusqu'à l'axe des $\mathcal{G}$, moyennant quoi, il est ensuite aisé de décomposer le flux total en ses valeurs composantes : flux utile d'induction et flux de réaction.

Nous verrons plus loin, sur un exemple, comment on opère.

Signalons cependant, dès à présent, pour conserver le caractère de sincérité que nous tenons à donner à cette étude, que le développement du procédé d'évaluation expérimentale du flux de réaction repose aussi sur une hypothèse simplificatrice qu'il convient de mettre en lumière : nous admettons, en effet, que le flux de réaction $\mathfrak{F}_I$ est proportionnel à la f. m. m. de réaction.

Cette hypothèse sera d'autant plus près de la réalité qu'on sera dans des régions non saturées, en ne perdant pas de vue qu'une erreur de 10 à 15 pour 100 sur la valeur de $\mathfrak{F}_I$ même serait sans influence sensible sur le résultat final [1].

Application : Détermination du flux de réaction connaissant les caractéristiques à vide et l'allure de la caractéristique en charge. — Supposons connue la caractéristique à vide, à vitesse de rotation constante, en excitation séparée, ainsi qu'une portion de caractéristique à débit constant I_{Aq} à calage fixe des balais, on tracera la forme générale de la caractéristique en charge à débit constant.

La caractéristique de la f. e. m. E_c (voir *fig.* 8) en charge

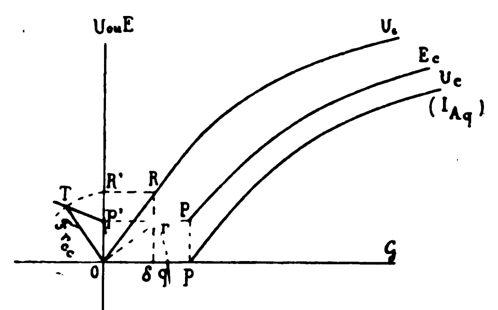


Fig. 8. — Détermination du flux de réaction d'après les caractéristiques à vide et à débit donné, en fonction de l'excitation par pôle.

se déduit de celle de la différence de potentiel aux bornes U_c, en ajoutant aux ordonnées de celle-ci la perte de charge d'induit et celle due à la contactance.

La forme de la caractéristique à vide $U_0 = f(\mathcal{G})$ permet de prolonger la caractéristique de la f. e. m. en charge $E_c = f(\mathcal{G})$, jusqu'à l'ordonnée p P initiale, pour laquelle la f. e. m. est juste égale à la somme des pertes de charge dues à la résistance d'induit et à la contactance.

L'excitation op correspond à ce point; retranchons-en la réaction démagnétisante pq. Décrivons un arc de cercle de rayon égal à oq. Prenons maintenant rs, valeur réduite de la réaction transversale, à $\frac{\pi}{2}$ sur l'axe des $\mathcal{G}$; construisons le triangle rectangle ayant comme hypoténuse $or = oq$, et, pour l'un des côtés de l'angle droit, la réaction transversale rs; l'autre côté de l'angle droit sera l'excitation nécessitée par le flux utile $\mathfrak{F}_{cc}$ dans la zone active pour $U_c = 0$, c'est-à-dire lorsque l'induit débitera le courant I_{Aq} en court circuit.

La valeur du flux résultant $\mathfrak{F}_{rcc}$, a dans la zone active, dans ces conditions, se déduit de l'ordonnée de la caractéristique au point correspondant à os, tandis que le flux utile $\mathfrak{F}_{ucc}$ est proportionnel à $\mathrm{P}\,p = o\,\mathrm{P}'$.

On peut construire le diagramme des flux en court circuit et en déduire la composante du flux de réaction $\mathfrak{F}_{Icc} = \mathrm{P'T}$, pour l'intensité considérée I_{Aq}.

A cet effet, on construit le triangle dont les côtés sont

$$\mathfrak{F}_{rcc} = o\mathrm{T} = o\mathrm{R}' = \mathrm{RS}$$

et $\mathfrak{F}_{ucc} = o'\mathrm{P}$, et l'angle $\frac{\pi}{2} + p\varphi' = op'\mathrm{T}$ sont connus.

On admettra que la valeur de $\mathfrak{F}_{Icc} = \mathrm{P'T}$ est constante, quelle que soit la valeur du flux d'induction $\mathfrak{F}_u$.

Emploi de la méthode de court circuit. — L'induit est mis en court circuit sur un ampèremètre de résistance négligeable devant l'ensemble de la résistance r_A et de la contactance r_k de l'induit; on détermine l'excitation nécessaire pour avoir, à une vitesse connue, une intensité I_{Aq} dans l'induit.

La résistance d'induit demande à être relevée avec soin; quant à la contactance, le plus simple est d'admettre une valeur déduite de la perte de charge observée sur des types similaires, ou que, suivant la qualité des frotteurs, cette contactance correspond à une chute de tension de 0,5 à 1 volt par polarité, comme on le reconnaît en pratique : une erreur d'appréciation de ce chef n'est pas grave, et préférable à des calculs basés sur des données incertaines.

En somme, on détermine le pied de la caractéristique des f. e. m. en charge, et il ne reste plus qu'à l'utiliser comme cela a déjà été exposé.

L'essai en court circuit n'a rien qui doive effrayer, car, avec les progrès réalisés aujourd'hui dans la construction des machines à courant continu, la commutation en court circuit est encore acceptable, au moins pendant un essai de peu de durée, avec le débit I_{Aq} et à la vitesse normale.

C'est même, comme l'a montré Arnold, *un criterium* de la commutation auquel certains constructeurs ont régulièrement recours.

On peut même rendre l'essai moins délicat encore par un artifice très simple consistant à réduire la vitesse de rotation au minimum possible. On prend pour vitesse celle qui permettra d'avoir le courant de court circuit avec l'excitation maximum correspondant à la limite de la partie rectiligne de la caractéristique, les conditions de la commutation seront ainsi facilitées.

On arrive ainsi très aisément à réduire au tiers ou au quart la vitesse de la machine, ce qui, en général, rend la commutation assez acceptable pour que l'essai de court circuit donne des résultats utilisables.

Soit dit en passant, la méthode de court circuit peut servir en même temps à séparer les pertes propres à la commutation d'avec les autres. Il suffit pour cela d'entraîner la machine par un moteur taré et de noter la puissance fournie, avec et sans excitation; l'induit, dans

(1) C'est pour des raisons de ce genre qu'il est bien inutile de pousser trop loin les calculs des caractéristiques.

le premier cas, débite le courant normal, puis, étant mis à circuit ouvert, on en tire, par différence, les pertes attribuables à la commutation seule. Ce résultat n'est qu'une approximation, mais peut donner une idée de l'importance de ces pertes spéciales; à ce titre, le procédé offre quelque intérêt.

Notes complémentaires. — La mesure de la contactance est une opération de précision qui reste délicate; en outre, cette grandeur est fonction de nombreux éléments qui rendent sans intérêt les mesures faites au repos; elle dépend, en effet, de la densité du courant sous les balais, de la pression des balais sur le collecteur, de la vitesse du collecteur (périphérique) et des conditions mêmes de la commutation; ces relations sont d'ailleurs encore imparfaitement définies.

Si donc l'on désire effectuer une mesure, il conviendra de procéder à un rodage préalable très soigné des frotteurs et au réglage de leur pression sur le collecteur; on injectera ensuite du courant dans l'induit dont la résistance aura été relevée avec soin directement sur le collecteur même, entre lames voulues. On aura par différence une estimation encore sujette à caution de la contactance ou, si l'on veut, un ordre de grandeur approché.

En pratique, la contactance correspond à une valeur à peu près fixe de 0,5 à 1 volt par polarité.

Résumé. — En possession de la valeur de $\mathcal{F}_l$, on détermine l'excitation en charge pour un débit I_{Aq} sous une tension aux bornes U_c, avec vitesse de rotation ω_m, dans le cas d'une machine de proportions comparables avec une précision très suffisante pour la pratique et sans entorse à la réalité des phénomènes.

IX. ORDRE DE GRANDEUR DU FACTEUR DE RÉDUCTION (k) DE LA RÉACTION TRANSVERSALE $\mathcal{G}_{tt}$ PAR POLE. — La f. m. m. de réaction transversale est ordinairement répartie uniformément à la périphérie d'armature.

Sans vouloir prétendre à un calcul exact, nous pouvons essayer de montrer que sa valeur est très faible.

Considérons, pour cela, la figure 5, relative à une machine bipolaire dont le rapport de l'arc polaire au pas polaire soit de même valeur que dans les machines courantes. On aura ici

$$\psi \sim 135°, \qquad \widehat{2\varphi} = 45°,$$

soit, τ étant le pas polaire,

$$\frac{\psi}{\tau} = \frac{135}{180} = 0,75.$$

Admettons que le décalage des balais ait la valeur maximum permise en pratique, c'est-à-dire

$$\varphi = \frac{\widehat{\tau} - \widehat{\psi}}{2}.$$

La f. m. m. de réaction transversale $\mathcal{G}_{tt}$ peut être considérée comme produite par le passage du courant I_{Aq} dans les spires de l'enroulement induit comme si les conducteurs étaient reliés deux à deux, tels que A à B, C à H, ..., C à D.

Le flux de réaction $\mathcal{F}_l$ ainsi produit émane de l'armature dans les régions AB et CD, suivant le tracé grossier indiqué par les parcours pointillés et les flèches : il se ferme, en dehors de l'armature induite à travers l'air et va rejoindre les masses magnétiques voisines.

La valeur du flux $\mathcal{F}_l$ dépend naturellement de la perméance du circuit magnétique qui lui est propre, et cette perméance, pour une armature de longueur donnée, dépend essentiellement du développement de l'arc AB et de la longueur d'air dudit circuit magnétique.

Le flux de réaction, s'il était seul, aurait, *grosso modo*, pour valeur

$$\mathcal{F}_l = \frac{\mathcal{G}_{tt}}{\dfrac{l_{air}}{S^{ce}\ \text{arc AB}}},$$

d'où

$$\frac{\mathcal{G}_{tt}}{\mathcal{F}_l} = \frac{l_{air}}{S^{ce}\ \text{arc AB}},$$

en négligeant les réluctances des parties magnétiques.

Le flux principal d'induction, de son côté, a sensiblement pour valeur

$$\mathcal{F}_r = \frac{\mathcal{G}_{tot.}}{\dfrac{l_x}{S^{ce}\ \text{arc AC}}},$$

d'où

$$\frac{\mathcal{G}_{tot.}}{\mathcal{F}_r} = \frac{l_x}{S^{ce}\ \text{arc AC}},$$

Les f. m. m. par unité de flux sont dans le rapport

$$\frac{\left(A = \dfrac{\mathcal{G}_{tt}}{\mathcal{F}_l}\right)}{\left(B = \dfrac{\mathcal{G}_{tot.}}{\mathcal{F}_p}\right)} = \frac{l_{air}}{S^{ce}\ \text{arc AB}}\ \frac{S^{ce}\ \text{arc AC}}{l_x},$$

$\mathcal{G}_{tot.}$ étant l'excitation totale des inducteurs et l_x la longueur de l'entrefer.

La pratique enseigne que, lorsqu'une force magnétomotrice est appliquée à un noyau de fer rectiligne, dont le circuit magnétique n'est pas fermé, la réluctance de tout le circuit magnétique est équivalente à celle d'une longueur d'air d'environ 3 à 4 cm au plus, en raison de la dispersion qui se produit sur la longueur du noyau et par les extrémités.

Dans le cas d'une machine de proportions usuelles, la réluctance totale au flux de réaction considéré isolément est beaucoup plus faible encore, en raison de la présence des pièces polaires, du voisinage de la culasse et des noyaux inducteurs.

Admettons qu'elle soit moitié de celle d'un circuit magnétique rectiligne ouvert comportant un noyau de fer, soit équivalente à 2 cm d'air.

En raison de l'affaiblissement du champ sous une partie des pièces polaires, il y a également dérivation magnétique partielle du flux de réaction vers les pièces polaires; les fantômes magnétiques relevés dans la région de la zone active en donnent l'image nette.

On peut considérer alors que l'arc d'armature d'où émane le flux de réaction est plus grand que $\widehat{2\varphi}$, ce qui augmente la perméance à ce flux.

3....

Admettons que les valeurs des arcs réduits soient ramenés à

$$\text{arc}\,AC = 120^\circ,$$
$$\text{arc}\,AB = 70^\circ,$$

soit, pour ce dernier, une amplification virtuelle de 30 pour 100, ce qui n'est pas exagéré.

Dans ces conditions, le rapport $\frac{A}{B}$ devient égal à

$$\frac{A}{B} = \frac{2}{0,5}\,\frac{120}{60} = 8.$$

Autrement dit, et à titre purement indicatif, de l'équivalence des f. m. m., les effets de la f. m. m. de réaction et de celle d'inducteur, à flux égal produit, sont dans le rapport de 1 à 8.

En conséquence, le facteur de réduction applicable à la f. m. m. de réaction transversale, pour que la composition de celle-ci avec la f. m. m. d'inducteur tienne compte de la différence des perméances des circuits magnétiques correspondants, doit être très faible, puisqu'il est de l'ordre de 0,125.

C'est ce que confirme la vérification expérimentale, d'après notre méthode.

Dans les calculs pratiques, où il est prudent d'avoir une marge de sécurité dans les calculs de prédétermination, on pourra admettre à défaut d'indications expérimentales

$$k = 0,2 \quad \text{à} \quad 0,4;$$

cela ne peut conduire qu'à une prévision par léger excès, et bien prudente, de l'excitation, ce qui est sans inconvénient.

La valeur de k serait, d'ailleurs, calculable d'après la configuration des circuits magnétiques, mais ce travail laborieux n'est pas à recommander, vu le peu de précision qu'il présenterait.

Il est préférable de le déduire de l'expérience et de l'appliquer ensuite par comparaison avec des machines de dimensions similaires.

La valeur de k dépend, bien entendu, des proportions relatives des organes : arc polaire, forme des pièces polaires et disposition des noyaux et culasses avoisinant la zone active et la région d'où émane le flux de réaction.

X. Cas des machines a poles auxiliaires ou a compensateur. — Les tracés restent légitimes et rationnels, compte dûment tenu des simplifications résultant de l'annulation théorique des effets de la réaction et de la suppression du décalage.

Il est intéressant de noter que la méthode pourrait s'étendre sans contradictions au cas des alternateurs, sous réserve de la modification des diagrammes de flux et de f. m. m. imposée par le déphasage entre la f. e. m. et l'intensité.

Cette considération n'a qu'un intérêt théorique : confirmer la généralité du procédé, les méthodes respectives de Potier et de M. Blondel donnant toute satisfaction à ceux qui les emploient, il nous suffit que celle ici présentée soit compatible avec celles de nos maîtres.

XI. Exemple pratique. Détermination du flux de réaction d'une machine exécutée (*fig.* 9). — Régime normal de la machine

120 volts, 46 ampères, 775 t : m.

Les caractéristiques à vide $\mathfrak{F}_0 = f(\mathcal{G})$ et en charge

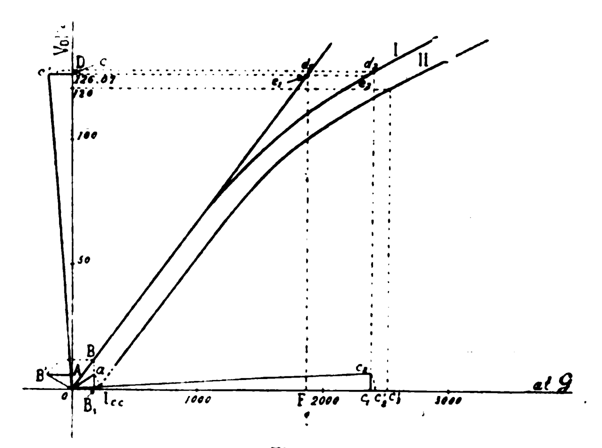


Fig. 9.

$r_A I_{Aq} = 0^\omega,132 \times 46^a = 6^v,07.$ I. $E_0 = f(\mathcal{G})$.

$I_{Aq} = 46^a.$ II. $E_0 - (r_A + r_R) I_{Aq} = f(\mathcal{G})$.

$r_A = 132.$

$\mathfrak{F}_c = f(\mathcal{G})$ pour I_{Aq} sont connues, *voir* courbes I et II; de plus $\varphi = 0$ (calage pratique à la zone neutre).

Le graphique, dont la légende fournit l'explication, donne comme valeur du flux de réaction, en court circuit

$\mathfrak{F}_{Icc}$ proportionnel à 10 volts.

Contrôle de la validité de la méthode. — Faisant abstraction de la connaissance de la caractéristique en charge (courbe II), déterminons l'excitation nécessaire pour le point

$$U_c = 120 \text{ volts}, \qquad I_{Aq} = 46 \text{ ampères},$$

en nous appuyant sur la connaissance de $\mathfrak{F}_{Icc}$.

On a

$$E_c = 120 + (r_A I_{Aq}) = 126,7 \text{ volts} \equiv oc = \mathfrak{F}_{uc}.$$

La composition de $\mathfrak{F}_{uc}$ avec $\mathfrak{F}_{Ic}$, en admettant

$$\mathfrak{F}_{Ic} = \mathfrak{F}_{Icc} \equiv 10 \text{ volts},$$

donne

$$\mathfrak{F}_{rc} = oc' = o\text{D}.$$

On voit, en passant, que

$$\frac{\mathfrak{F}_{Ic}}{\mathfrak{F}_{uc}} = \frac{10}{126,07} \sim 0,08,$$

valeur faible, la machine étant à très faible réaction d'induit et calage au plan neutre.

On lit ensuite sur la courbe I :

1° Pour l'entrefer seul,

$$\mathcal{G}'(\text{pour } \mathfrak{F}_{rc}) = \text{D}d_1;$$

2° Pour la partie fer de la zone active,

$$\mathcal{G}''(\text{pour } \mathcal{F}_{uc} \equiv 126{,}07) = c_1 c_2.$$

En conséquence, l'excitation pour la zone active (pour $\mathcal{F}_{rc}$), sans tenir compte encore de la f. m. m. de réaction transversale $\mathcal{G}_{tt}$,

$$\mathcal{G}''' = \mathcal{G}' + \mathcal{G}'' = \mathrm{D}d_1 + c_1 c_2 = \mathrm{D}d_2 = oc_1.$$

La composition de $\mathcal{G}'''$ avec $\mathcal{G}_{tt} = 140$ ampères-tours par pôle donne l'excitation totale calculée pour la zone active.

$$\mathcal{G}_{\text{tot. calc.}} = (\text{résultante de } oc_1 \text{ et } \mathcal{G}_{tt}) = oc_2 = oc'_2$$
$$= 2350 \text{ ampères-tours par pôle.}$$

L'excitation totale déterminée expérimentalement est

$$\mathcal{G}_{\text{tot. réel.}} = oc_1 = 2460 \text{ at.}$$

L'écart absolu n'est que de

$$\mathcal{G}_{\text{tot. réel.}} - \mathcal{G}_{\text{tot. calc.}} = 2460 - 2360 = 100 \text{ at.}$$

soit la valeur relative

$$\frac{100}{\mathcal{G}_{\text{tot. réel.}}(2460)} = 4 \text{ pour 100 environ.}$$

Cet écart s'explique :

1° Par l'approximation résultant de la méthode;

2° Parce que les opérations ont porté sur la caractéristique à vide, alors que, dans la prédétermination exacte, elles doivent porter sur la *caractéristique partielle de la zone active seule;*

3° Parce que, comme corollaire, nous devrions tenir compte du flux réel dans l'inducteur ($\mathcal{F}_{uc\,\text{total}}$) en charge.

Toutes ces approximations inévitables se compensent en partie.

La méthode peut être considérée comme satisfaisante et se trouve suffisamment confirmée.

XII. Applications. — Dynamo à courant continu, bipolaire, 150 volts, 50 ampères, 1425 t : m.

Courbes caractéristiques de $\mathcal{F}$ ou $E = f(\mathcal{G})$, à vitesse constante (voir *fig.* 10).

1° Pour $I_{Aq} = 0$, caractéristique à vide, courbe I;

2° Pour $I_{Aq} = 50$ ampères, caractéristique en charge à 50 ampères; différence de potentiel aux bornes, U_c, en fonction de l'excitation, courbe II.

Caractéristique de la f. e. m. induite en charge E_c à 50 ampères, en fonction de l'excitation, courbe III.

Spécification de l'induit :

168 sections de 1 spire;

$2a$ = nombre de voies d'enroulements de l'induit = 2;

$2p$ = nombre de pôles = 2.

Calage des balais au plan neutre $\widehat{\varphi} = 0$.

Réaction démagnétisante = 0 par pôle = 0.

$$\text{Réaction transversale} = \frac{NI_{Aq}}{2(2a\,2p)} = \frac{168.2.50}{2.2a2p} = 2100 \text{ at.}$$

Tracé de l'épure inverse pour détermination du flux de réaction. — En court circuit, pour $I_{Aq} = 50$ ampères, l'excitation observée (courbe II) est de 2200 atm par pôle, soit OK_{cc} (*fig.* 10).

La force électromotrice induite est égale à

$$(r_A + r_K) I_{Aq} = (0{,}150 + 0{,}03)\,50 = 9 \text{ volts} = \mathrm{AO}.$$

Comme $\widehat{\varphi} = 0$, toute la réaction est transversale; on a donc

$$\mathcal{G}_{tt} = 2100 \text{ at.}$$

Sur la figure 10, on porte $\mathrm{O}a'$ à $= \mathcal{G}_{tt} = 2100$ atm et aa' parallèle à l'axe des $\mathcal{G}$.

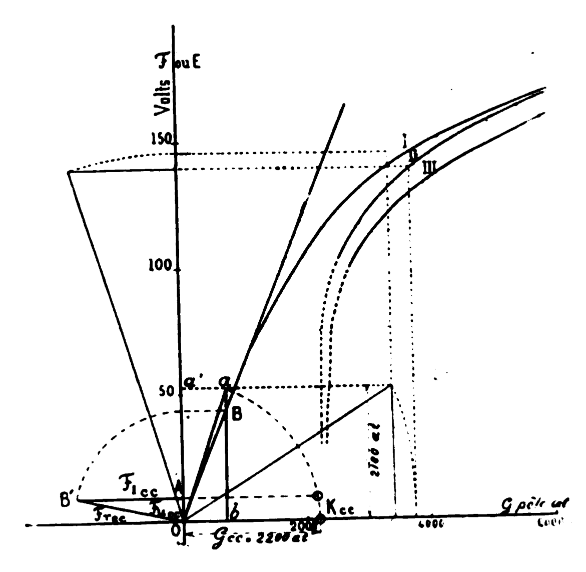


Fig. 10.

On relève OK_{cc} suivant un arc de cercle de rayon égal à OK_{cc} jusqu'à la rencontre en a de aa'.

On obtient ainsi

$$ab = \mathcal{G}_{tt}, \qquad \mathrm{O}\,a = \mathrm{O}_{cc}\mathrm{K} = \mathcal{G}_{cc},$$

excitation résultante en court circuit.

$\mathrm{O}b = \mathcal{G}_u$, excitation relative au flux résultant dans la zone active $\mathcal{F}_r = \mathrm{B}b$ avec 50 ampères, en court circuit.

D'autre part, $\mathrm{AO} = \mathcal{F}_{ucc}$, flux utile en court circuit.

Le triangle des flux se construit sur AO comme côté de l'angle droit (puisque $\widehat{\varphi} = 0$), avec une hypoténuse égale à $\mathrm{B}b$.

Le côté AB' est proportionnel à $\mathcal{F}_L$ flux de réaction.

En volts, on lit sur le graphique

$$\mathrm{AB'} = 42 \text{ volts.}$$

Si le régime d'utilisation de la machine correspond à 150 volts, 50 ampères, 1425 t : m,

$$E_c = 150 + 9 = 159 \text{ volts} = [\mathrm{A}]$$

et le rapport du flux de réaction au flux d'induction, à ce régime, est égal à

$$\frac{42}{159} = 0{,}26.$$

Le flux d'induction étant égal à

$$\frac{169.10^{-8}.60}{168.2.1425} \sim 2.10^{-6} \text{ maxwell},$$

e flux de réaction a pour valeur

$$\frac{[A].10^{-6}.42}{159} \sim 0,52.10^{-6}.$$

L'épure resterait la même s'il y avait un décalage (voir *fig* 11), sauf à construire le triangle du flux en tenant compte de l'angle $\left(\frac{\pi}{2} : p\hat{\varphi}\right)$ entre B'A et OA, après avoir introduit, dans la décomposition des forces magnétomotrices, la réaction démagnétisante.

Abréviations d'opérations.	proportionnel à	$\equiv$
	approximatif, ou environ	$\sim$

d. de p.	différence de potentiel
f. e. m.	force électromotrice
f. m. m.	force magnétomotrice
f. e. m. induite à vide	$E_o = U_o$
» » en charge	$E_c = U_c + r_A r_{Aq} (E_c = F_u)$
» » en court circuit	E_{cc}
Tension aux bornes, à vide	U_o
» » en charge.	U_c

Zone active = entrefer-denture, soit : région du circuit magnétique où la f. e. m. induite est engendrée.

Flux, en général	$\mathfrak{F}$
» à vide	$\mathfrak{F}_o$
» utile (à vide $\mathfrak{F}_{uo}$ ou en charge $\mathfrak{F}_{uc}$)	
» résultant, dans la zone active	$\mathfrak{F}_r$
» dans les noyaux inducteurs et la culasse d'inducteur	$\mathfrak{F}_{uc}$
» dérivé sur les noyaux inducteurs et la culasse d'inducteur	$\mathfrak{F}'_{uc}$
» dans l'entrefer, denture et culasse d'armature.	$\mathfrak{F}_{\alpha\alpha d}$
» de réaction	$\mathfrak{F}_I$
Intensité dans l'induit, en charge	I_{Aq}
» » » par voie d'enroulement	I_A

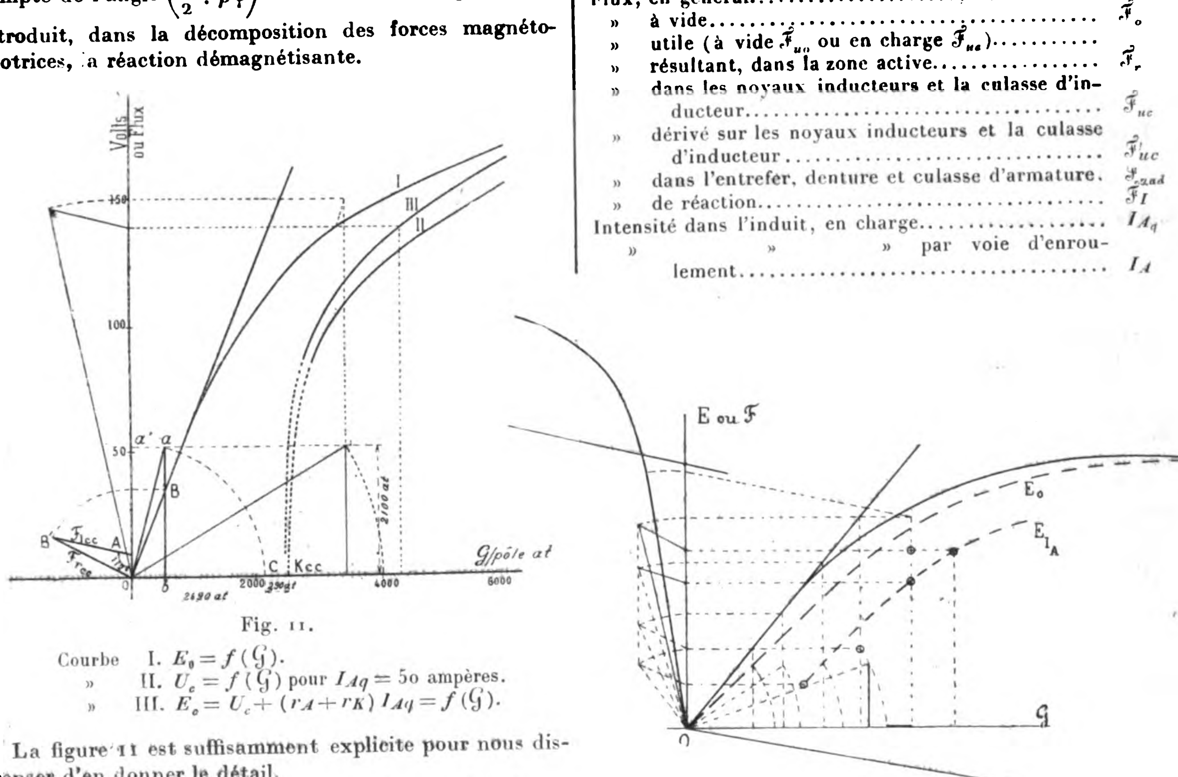


Fig. 11.

Courbe I. $E_0 = f(\mathcal{G})$.

» II. $U_c = f(\mathcal{G})$ pour $I_{Aq} = 50$ ampères.

» III. $E_0 = U_c + (r_A + r_K) I_{Aq} = f(\mathcal{G})$.

La figure 11 est suffisamment explicite pour nous dispenser d'en donner le détail.

La figure 12 montre l'application de la méthode au tracé d'une caractéristique en charge des valeurs de U_c avec débit constant I_{Aq}.

Fig. 12. — Détermination de la caractéristique en charge à débit courant.

XIII. Indices, abréviations, notations et définitions. — Indices affectés aux symboles des grandeurs caractéristiques (conditions de fonctionnement, situation ou rôle des organes) :

Fonctionnement		à vide	o
		en charge	c
		en court circuit	cc
Situation ou rôle des organes.	Circuit magnétique	armature	α
		denture	∂
		entrefers	α
		noyaux, culasses	uc
	Par pôle ou relatif à un pôle		p
	Courant d'induit		I_A

Réaction transversale, en at	$\mathcal{G}_{It}$
» démagnétisante, en at	$\mathcal{G}_{Id}$
Excitation en général, en at	$\mathcal{G}$
f. m. m., en gauss ($0,4\pi ni$)	$\mathcal{E}$
Vitesse de rotation, en t : m. ou en t : s	ω_m, ω_s
Nombre de pôles	$2p$
» de voies d'enroulement	$2a$
Décalage géométrique, dans l'espace	$\hat{\varphi}$
» dans le temps (rapporté à la période)	$p\hat{\varphi}$
Résistance d'induit entre balais	r_A
Contactance, ou pseudo-résistance, au contact entre balais et collecteur	r_K

E.-J. Brunswick.

Recherches expérimentales et théoriques sur la commutation dans les dynamos à courant continu [1].

I. Théorie moderne de la commutation. — Les figures 1 et 2 représentent la position relative du collecteur et du balai positif d'une génératrice Gramme, respectivement à l'instant initial de la commutation de la section 1-2 (*fig.* 1) et pendant le cours de la commutation

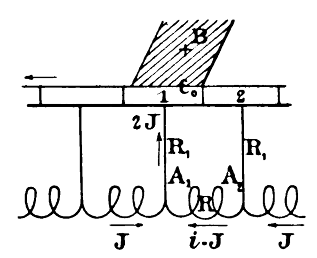


Fig. 1. — Moment initial de la commutation.

de la même section (*fig.* 2); la figure 3 donne le diagramme bien connu par lequel on représente, grâce à un choix

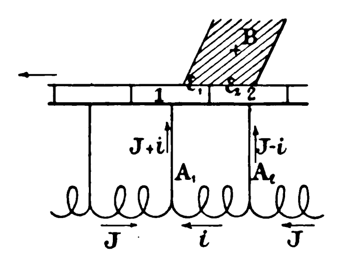


Fig. 2. — Commutation d'une seule bobine.

convenable des coordonnées, à la fois le courant i dans la section (axes OO′ et O_2), le courant $i_1 = J + i$ dans la lame 1 en avant (J courant d'une dérivation, axes $O_1 O_1'$ et OO_2), le courant $i_2 = J - i$ dans la lame 2 en

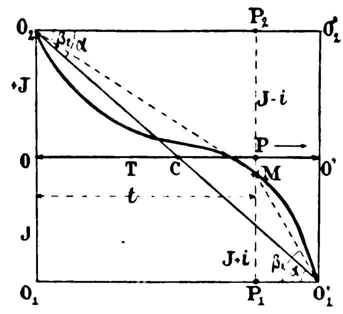


Fig. 3. — Diagramme de commutation simple.

arrière (axes $O_2 O_2'$ et $O_2 O_1$). Les densités de courant dans les lames 1 et 2, désignées par j_1 et j_2 ont respectivement pour valeur, en représentant par σ la surface de la ligne de balais, par T la durée de commutation et t l'instant considéré, compté depuis l'origine de la commutation

$$j_1 = \frac{J+i}{\sigma}\,\frac{T}{T-t} = j_m \frac{\operatorname{tang}\beta_1}{\operatorname{tang}\alpha},$$
$$j_1 = \frac{J-i}{\sigma}\,\frac{T}{t} = j_m \frac{\operatorname{tang}\beta_2}{\operatorname{tang}\alpha},$$

j_m étant la densité moyenne et α, β_1 et β_2 les angles du diagramme de la figure 3.

Genèse de la théorie moderne. — Les premières études importantes sur la commutation sont dues à J. Swinburne en 1890, puis à Esson, qui ont établi la théorie élémentaire bien connue du décalage de balais.

Pour que la commutation se fasse sans étincelle, il faut que le courant dans la lame avant soit sensiblement nul à l'instant T où cette lame va quitter le balai, ce qui nécessite que, pendant la durée du court circuit, le courant dans la section se soit inversé, partant de la valeur $+ J$ pour arriver à la valeur $- J$, au même instant T.

Or, si l'on ne prend aucune précaution spéciale, la self-induction de la section s'oppose à une aussi rapide variation du courant et au moment T où se termine le court circuit, le courant i étant loin d'avoir atteint la valeur $- J$, le courant $J + i$ dans la lame n'est pas nul : il y a coupure brusque de ce courant et, par suite, étincelle.

La résistance ohmique de la section intervient aussi dans le phénomène, mais d'une façon différente et beaucoup moins importante, de sorte qu'on la néglige souvent dans les théories approchées. Cette résistance facilite la diminution du courant pendant la première partie du court circuit, mais s'oppose à l'augmentation du courant inversé.

Pour réaliser une bonne commutation, il faut combattre la self-induction en produisant dans la section une f. e. m. auxiliaire, de sens inverse à celui du courant au début du court circuit, et de valeur convenable; on réalise ordinairement ce résultat soit en décalant les balais, soit en utilisant des pôles auxiliaires.

Les seuls balais employés au début étaient les balais métalliques, et l'on ne se préoccupait pas de la résistance de contact, d'ailleurs très faible, entre les balais et le collecteur.

Un peu plus tard apparurent les balais de charbon, et l'on ne tarda pas à s'apercevoir que ces balais assuraient une durée plus grande du collecteur en même temps qu'une meilleure commutation et possédaient une résistance de contact beaucoup plus grande que celle des balais métalliques.

Dans une très intéressante étude publiée en 1896, Fischer-Hinnen introduit la résistance de contact, mais en la considérant comme constante et, prenant sa valeur moyenne, donne des formules permettant de calculer l'angle de calage correspondant à un régime donné.

Au cours de cette étude, il indiqua le rôle exact du champ de l'induit dans la commutation et fit observer que la f. e. m. due au champ de l'induit dépend, non de la vitesse de rotation de cet induit, mais de la vitesse du déplacement relatif de l'induit et de son axe magnétique, vitesse qui n'est pas constante, mais varie avec la loi de renversement du courant dans la section.

3.....

[1] Communication faite par M. A. Mauduit, à la séance de la Société internationale des Électriciens du 4 décembre 1912.

Ce point a été l'objet d'assez nombreuses discussions entre les électriciens, et nous y reviendrons plus loin, puisque nous avons, pour notre part, exécuté un certain nombre de recherches pour l'établir expérimentalement.

A la fin de l'année 1897, intervient une Communication célèbre de Thorbun Reid devant l'Association des Ingénieurs américains, qui a révolutionné les idées antérieurement admises et lancé tous les électriciens dans une voie absolument différente.

Th. Reid mit en évidence le rôle considérable joué par la variation de la résistance de contact des deux lames avec le balai et de la densité de courant sous ces deux lames pendant le court circuit de la section, et il annonça que les étincelles étaient dues à l'exagération de la densité de courant, à l'instant final de la commutation, au bec de sortie du balai. Il montra que la variation des résistances de contact tend à faciliter le renversement du courant et permet de réaliser, dans certains cas, une commutation sans étincelles, avec des f. e. m. de commutation différentes de la valeur théoriquement convenable; il y avait, par suite, intérêt à augmenter ces résistances de contact et à diminuer autant que possible le coefficient d'induction des sections.

La traduction, en langage mathématique, des considérations de Th. Reid, conduisit M. Paul Girault à la fameuse équation différentielle qui sert encore de base aux théories modernes sur la commutation.

Cette équation fut donnée, quelque temps après et indépendamment, par Arnold et Fischer-Hinnen : elle est connue la plupart du temps sous le nom d'*équation d'Arnold*, parce que le célèbre professeur l'a étudiée le plus complètement (avec la collaboration de G. Mie), et en a fait la base de nombreuses théories de plus en plus détaillées du phénomène, publiées périodiquement jusqu'à ces derniers temps : la priorité indéniable appartient cependant à M. Paul Girault.

Désignons par R la résistance de la section de lame à lame (*fig.* 2), par e la f. e. m. auxiliaire dans la section, par $\mathfrak{L}$ le coefficient d'induction de cette section, la loi générale $\Sigma e = \Sigma ri$ donne

$$(1) \qquad e - \mathfrak{L}\frac{di}{dt} = R_i + \varepsilon_1 - \varepsilon_2.$$

Il faut y joindre la condition initiale : pour $t = 0$, $i = J$.

Pour obtenir une équation différentielle en i et t, il faut remplacer les chutes de tension au contact ε_1 et ε_2 par leurs fonctions représentatives. On fait ici l'hypothèse que les *résistances de contact* sont *indépendantes de la densité de courant* et que, par suite, les tensions ε_1 et ε_2 sont proportionnelles aux densités j_1 et j_2. Si ρ désigne la résistance de contact de la ligne de balais, on a alors, pour une résistance spécifique $\rho\sigma$,

$$\varepsilon_1 = \rho\sigma j_1 = \rho\overline{J + i}\frac{T}{T - t},$$

$$\varepsilon_2 = \rho\sigma j_2 = \rho\overline{J - i}\frac{T}{t},$$

d'où, en transportant dans l'équation (1), ordonnant et posant $\rho\frac{T}{\mathfrak{L}} = \lambda$ et $\frac{\mathfrak{L}}{R} = \tau$ (constante de temps de la section

$$(2) \qquad \frac{di}{dt} + i\left(\frac{1}{\tau} + \frac{\lambda}{T - t} + \frac{\lambda}{t}\right) + \lambda J\left(\frac{1}{T + 1} - \frac{1}{t}\right) = \frac{e}{\mathfrak{L}}.$$

La formule, dit P. Girault, montre qu'on a toujours, pour la valeur limite de i au temps T, $i_T = -J$, quelle que soit la valeur de e; si donc on admettait l'interprétation de Fischer-Hinnen, disant qu'il suffit que i_1 soit égal à $-J$ pour qu'il n'y ait pas d'étincelles, aucune dynamo ne devrait cracher : du moment que la résistance de contact ρ_1 de la lame avant augmente indéfiniment, toutes les autres grandeurs restant finies, le courant i deviendra nul pour $t = T$.

Mais, d'après l'interprétation de Th. Reid, les étincelles proviennent de l'exagération de la densité de courant limite j_T, dans la lame avant à l'instant final de la commutation, $t = T$, et cette densité limite j_T est la caractéristique la plus importante de la commutation.

Considérant le cas où la f. e. m. e est une fonction linéaire du temps, ayant pour valeur e_T à l'instant final, Arnold et Mie ont déduit, de l'étude complète de l'équation différentielle, les conditions classiques suivantes :

Si l'on a

$$\rho\frac{T}{\mathfrak{L}} > 1,$$

la densité limite j_T est toujours finie, quelle que soit la fonction linéaire e et a pour valeur

$$(3) \qquad j_T = \frac{2\rho J + e_T}{\sigma\left(\rho - \frac{\mathfrak{L}}{T}\right)};$$

au contraire, dans le cas où l'on a

$$\rho\frac{T}{\mathfrak{L}} \leqq 1,$$

la densité limite j_T est toujours infinie, quelle que soit la fonction e.

La condition *sine qua non* d'une bonne commutation est donc avant tout $\rho\frac{T}{\mathfrak{L}} > 1$. On met ordinairement cette condition sous une autre forme, en utilisant la notion de *tension de réactance* introduite par Hobart et modifiée ensuite par Pichelmayer qui lui a donné la forme la plus usitée : on donne le nom de *tension de réactance* ε_r à l'expression

$$\varepsilon_r = \frac{2\mathfrak{L}J}{T},$$

qui n'est autre chose que la f. e. m. de self-induction constante dans la section quand le courant varie linéairement de $+J$ à $-J$ pendant le temps T.

Si, d'autre part, on appelle ε_b la chute de tension au balai quand il porte tout entier sur la même lame, chute de tension donnée par la relation

$$\varepsilon_b = 2\rho J,$$

on peut, en multipliant les deux membres de l'inégalité



par $\frac{2\mathcal{L}J}{T}$, l'écrire sous la forme

$$\frac{2\mathcal{L}J}{T} < 2\rho J$$

ou

$$\varepsilon_r < \varepsilon_b,$$

ce qui s'énonce : *La condition d'une bonne commutation est que la tension de réactance soit inférieure à la chute de tension au balai, quand ce dernier ne touche qu'une lame.*

Dans cette théorie, ce sont la self-induction de la section et la résistance de contact qui jouent le rôle le plus important; la f. e. m. de commutation e n'intervient que pour modifier la valeur limite de la densité de courant j_T, lorsque la condition fondamentale $\varepsilon_r < \varepsilon_b$ est au préalable remplie; si l'on a, au contraire, $\varepsilon_r \geqq \varepsilon_b$, la densité de courant est toujours infinie, quelle que soit la f. e. m. de commutation.

Il y a cependant une exception, solution singulière de l'équation différentielle, c'est le cas où la f. e. m. e permet la réalisation de la commutation à densité constante; les deux chutes de tension ε_1 et ε_2 sont alors égales et l'équation (1) se réduit à

$$(4) \qquad e - \mathcal{L}\frac{di}{dt} = Ri;$$

le courant i variant linéairement de $+J$ à $-J$ est donné par la relation

$$i = J - \frac{2J}{T}t.$$

d'où l'on déduit, en portant dans (4), la loi convenable de e pour la commutation linéaire

$$(5) \qquad e = -\left(\frac{2\mathcal{L}}{T} - R\right)J - \frac{2RJ}{T}t.$$

Si l'on néglige la résistance R, cette formule se réduit à

$$(6) \qquad e = -\frac{2\mathcal{L}J}{T} = -\varepsilon_r.$$

Valeur pratique de la théorie : confirmation et contradictions expérimentales. — La théorie fut accueillie avec beaucoup de faveur par presque tous les électriciens : elle expliquait en effet d'une façon séduisante le rôle important des contacts, et elle eut pour conséquence immédiate la réalisation des dynamos à calage de balais fixe dans la ligne neutre théorique, par la réalisation simultanée d'un faible coefficient d'induction $\mathcal{L}$ ou d'une faible tension de réactance, et d'une forte chute ohmique aux balais ou forte résistance de contact, due aux balais de charbon.

On obtient aisément la réduction du coefficient $\mathcal{L}$ en augmentant le nombre de lames au collecteur, ce qui diminue dans le même rapport le nombre de spires par section et dans le rapport du carré le coefficient d'induction.

D'autre part, la valeur de e, dans la formule (3), pouvait être considérée à la ligne neutre théorique, comme due au flux de l'induit : c'est une f. e. m. défavorable, c'est-à-dire de signe +, dont l'action, d'après la formule (3), est d'augmenter la densité de courant limite j_T : on limitait cette action nuisible en utilisant sur l'induit un nombre d'ampères-fils par centimètre de développement périphérique de valeur limitée : Fischer-Hinnen conseillait 100 pour les anneaux et 150 pour les tambours, Kapp un peu plus.

Par contre, cette théorie était en contradiction avec le mode ancien de réalisation d'une bonne commutation par décalage de balais. Il était hors de doute, en effet, que les anciennes dynamos fonctionnaient avec des valeurs de $\rho\frac{T}{\mathcal{L}}$ notablement inférieures à l'unité, car la résistance de contact des balais métalliques était très petite, et le coefficient $\mathcal{L}$ très grand, à cause du petit nombre de sections adopté.

Cette contradiction a été signalée très rapidement par divers auteurs, qui ont cherché à l'expliquer, sans y arriver d'une façon complètement satisfaisante.

Nous-mêmes, en introduisant dans notre enseignement à l'Institut électrotechnique de Nancy, dès l'ouverture en fin 1900, la théorie d'Arnold, nous avons fait remarquer cette contradiction.

Les courbes de la figure 4 extraites du Cours publié

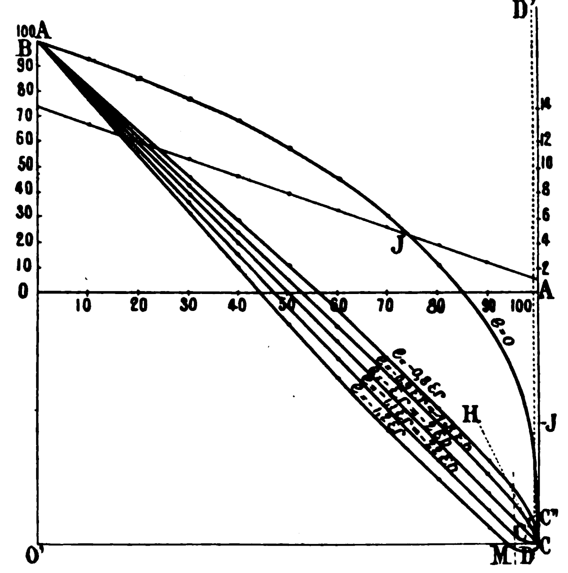


Fig. 4. — Commutation avec $\rho\frac{T}{\mathcal{L}} = 0{,}5$; $J = 100$; $\rho = 0{,}002\ \Omega$; $\frac{T}{\mathcal{L}} = 250$; $R = 0$; $T = 0{,}001$.

en 1904, sont calculées pour $\rho\frac{T}{\mathcal{L}} = 0{,}5$ d'après une solution de l'équation différentielle établie par M. Vogt, directeur des Instituts de Mécanique et d'Électrotechnique. A part la droite AC de commutation linéaire, elles admettent toutes une tangente verticale, et cependant tout le faisceau compris entre $e = -0{,}8\,\varepsilon_r$ et $e = -1{,}2$ s'écarte assez peu de cette droite pour que, malgré la présence d'une densité finale mathématiquement infinie,

on puisse opérer une commutation convenable; telle était l'explication que nous proposions à ce moment.

Le professeur Arnold, de son côté, se rendant compte de ce que ses conclusions avaient de trop absolu, a progressivement modifié dans les éditions successives de son Ouvrage célèbre : *La dynamo à courant continu*, l'exposé de la théorie; il a pris comme élément caractéristique de la commutation non plus la densité limite de courant, mais la tension développée entre les deux points du collecteur situés à l'entrée et à la sortie du balai. Il a envisagé d'abord la valeur maximum instantanée de cette tension, qui est une fonction périodique dont la période est égale à la durée du déplacement d'une lame; puis, constatant que cette valeur maximum, obtenue expérimentalement (à l'oscillographe) est toujours notablement plus grande que la valeur calculée, il a adopté comme critérium la valeur moyenne de cette tension pour laquelle le calcul donne des résultats concordant mieux avec l'expérience.

Dans son Ouvrage classique, il consacre à la théorie proprement dite de la commutation, au calcul et à la détermination expérimentale des constantes diverses qui entrent en jeu dans le phénomène, non compris l'étude des moyens accessoires d'amélioration de la commutation, six Chapitres contenant près de 200 pages; nous ne pouvons le suivre dans cette longue étude, dont l'intérêt principal réside, à notre avis, dans les calculs ou mesures des constantes, plutôt que dans la théorie même.

D'ailleurs, quelles que soient les modifications apportées à la conception primitive, cette théorie n'en repose pas moins sur l'équation différentielle étudiée plus haut et, par suite, admet toujours que, pour $\rho \frac{T}{\mathcal{L}} < 1$, la densité de courant et la tension entre lame et balai deviennent infinies en fin de commutation.

Cette conséquence paraît inadmissible à beaucoup d'auteurs et provoque, aux environs de 1906, des discussions nombreuses entre électriciens.

Mengès attaque nettement la validité de l'équation différentielle et montre qu'une théorie qui admet une tension infinie, c'est-à-dire aussi grande qu'on voudra, entre la lame et le balai dans une dynamo où la tension totale atteint 100 ou 200 volts, comporte forcément un vice originel.

Mais où trouver ce vice originel? Mengès l'attribue à ce qu'on suppose à tort constant le courant J débité par une dérivation, ce qui est incompatible avec la production d'une grosse différence de potentiel entre lame et balai. Cette observation est certainement justifiée et, dans les très mauvaises commutations, il n'y a pas de doute que le courant débité ne soit affecté par les variations formidables de tension sous la pointe du balai.

D'un autre côté, Richesell et Rüdenberg, pour adoucir la condition d'Arnold, font intervenir, le premier, la variation de courant dans le circuit total et, par suite, l'importance de sa self-induction, et le second, la variation de courant dans les circuits dérivés et le rôle de leur self-induction.

Ces remarques sont intéressantes et concernent des phénomènes qu'on peut appeler secondaires et qui facilitent la commutation aux dépens de la régularité de fonctionnement de la dynamo, mais elles n'expliquent pas le paradoxe.

A l'objection de Mengès, le professeur Arnold répond en signalant que la résistance de contact augmente très rapidement, en fin de commutation, au voisinage de l'apparition d'étincelles inappréciables.

M. Latour et Béthenod émirent l'idée que la capacité entre le balai et la lame pourrait jouer un rôle appréciable, et H. Poincaré, dans un calcul théorique, montra quel serait le rôle d'une capacité de ce genre, réduisant la condition à une valeur beaucoup moins dure, qui pourrait être aisément réalisée dans la plupart des cas.

Toutefois des expériences seraient nécessaires pour montrer s'il existe vraiment une capacité de ce genre, de valeur appréciable, et nous croyons que ce n'est pas le cas.

Finalement, M. Latour fit voir que la formule par laquelle on calculait la surface du balai en contact avec la lame, en fin de commutation, n'était valable que pour un rectangle dont l'arête soit parfaitement droite et parallèle à l'arête de la lame, conditions qui, vu la nature rugueuse du balai, ne pouvait être généralement réalisée qu'avec une très grossière approximation. Si la section utile du balai variait, à la fin de commutation, suivant une certaine loi, par exemple, pour une arête légèrement oblique, ou ne touchant que par quelques points, la résistance de contact en serait profondément modifiée et pourrait permettre de réaliser *automatiquement* dans beaucoup de cas, la condition $\rho \frac{T}{\mathcal{L}} > 1$.

Parmi les diverses explications proposées, cette dernière est une des plus séduisantes *a priori*; toutefois, on peut lui objecter que l'expérience l'a maintes fois contredite. Une des premières idées qui viennent à l'esprit, en présence de la condition d'Arnold, est, en effet, d'employer des balais à bords obliques ou taillés en pointe pour augmenter la résistance de contact en fin de commutation : P. Girault, dans la fameuse Communication où vit le jour l'équation différentielle en discussion, ne proposa-t-il pas lui-même des balais pointus, ou des balais métalliques terminés par une pièce de charbon?

L'expérience, en montrant l'inutilité de ces dispositifs, nous paraît condamner par le fait même l'explication proposée par J. Béthenod et M. Latour.

Comme conclusion de cette discussion, nous nous croyons fondé à déclarer que les diverses explications proposées n'ont pas résolu le paradoxe, mais ont seulement appelé l'attention sur des conditions secondaires, dont le rôle n'est pas toujours négligeable.

Pour essayer d'élucider ce point, il faut examiner de près les bases sur lesquelles repose l'établissement de l'équation, et soumettre la question à l'expérimentation.

On a supposé que la résistance de contact était constante et indépendante de la densité de courant : il importe de vérifier expérimentalement si cette hypothèse est exacte.

Un grand nombre d'auteurs ont entrepris d'étudier la résistance de contact en faisant passer un courant continu à travers des balais frottant sur des bagues de cuivre ou de laiton. Les premières recherches, en particulier celles de Dettmar, en Allemagne, et de notre collègue Bourguignon, au Laboratoire central d'Électricité de

Paris, ont montré que la résistance de contact diminue très rapidement quand la densité de courant augmente, de telle sorte que la tension de contact ε, au lieu de croître proportionnellement à la densité de courant j, n'augmente que très lentement avec cette dernière.

Si la résistance de contact suit la même loi dans la commutation que dans l'essai sur bague (ce qui serait à étudier), il y a là une circonstance très défavorable pour la commutation, circonstance qui limite la valeur de $\frac{T}{\mathfrak{L}}$ admissible : en effet, l'action de la résistance de contact dépend de la différence $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ des tensions entre le balai et les deux lames avant et arrière, et cette différence est beaucoup plus faible que dans le cas où la résistance de contact reste constante quand la densité augmente.

En particulier, si la loi de la tension au contact peut se mettre sous la forme

$$\varepsilon = a + b_0 j,$$

a et b_0 étant deux constantes, comme Arnold l'a suggéré lui-même à la suite de ses premières recherches, il est évident que le terme $b_0 j$ intervient seul dans la commutation (au moins, lorsque le courant n'est pas renversé par surcommutation), le terme a s'éliminant dans la différence $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$; et comme le terme b_0 est plus petit que la valeur ρ_0 qui correspondait à la loi $\varepsilon = \rho_0 j$, la condition fondamentale

$$\frac{\rho T}{\mathfrak{L}} > 1$$

devient

$$\frac{b T}{\mathfrak{L}} > 1,$$

condition beaucoup plus dure à réaliser au point de vue de la valeur maximum de $\mathfrak{L}$ compatible avec une bonne commutation.

Autrement dit, la tension de réactance ε_2 est limitée à la valeur $b_0 j_m$, beaucoup plus petite que la chute ohmique moyenne sous le balai $a + b_0 j_m$.

La caractéristique importante d'un balai sera donc, non pas sa résistance de contact sous la densité normale, mais la partie fixe b_0 de cette résistance de contact, qui est de la forme effective

$$\frac{a}{j} + b_0.$$

Max Kahn, un élève d'Arnold, et ensuite Arnold lui-même, avec différents collaborateurs, ont repris ces essais sur bague, en alimentant le balai tantôt avec du courant continu, pour étudier la résistance de contact en régime permanent, et tantôt avec courant alternatif, à diverses fréquences, pour se placer dans le cas d'un régime rapidement variable.

Ils ont obtenu les résultats principaux suivants, sur lesquels Arnold a fait reposer ses plus récentes théories de commutation :

La résistance de contact diminue quand la densité de courant augmente, et par suite, la tension de contact ε n'est pas proportionnelle à la densité j, mais peut être mise sous la forme approximative linéaire déjà indiquée $a + b_0 j$; cette résistance n'est pas la même en régime permanent et en courant alternatif, elle est toujours plus grande en courant alternatif; dans la loi $\varepsilon = a + b_0 j$, la tension ε monte beaucoup plus rapidement avec j en courant alternatif : a est généralement petit et b_0 important dans ce dernier cas, et b_0 dépend surtout de la densité efficace.

Ces résultats sont très intéressants, car si l'on admet que le régime d'alimentation en courant alternatif sur bagues est équivalent à la commutation, le terme b_0 redevenant plus grand que dans les essais en courant continu, le rôle des tensions de contact augmente d'importance, et la tension de réactance admissible est à nouveau d'un ordre de grandeur raisonnable.

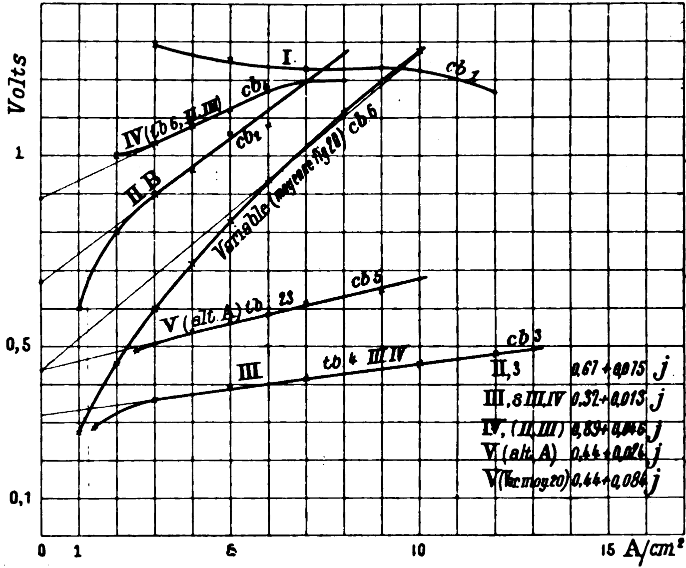


Fig. 5. — Tensions de contact de divers charbons en fonction de la densité de courant.

Nous donnons (*fig.* 5) des courbes déduites des essais de Kahn en portant en abscisses les densités j et en ordonnées les tensions de contact ε.

Les quatre premières courbes (1 à 4) se rapportent à des essais en courant continu :

Courbe 1, charbon I, dureté moyenne, pression 136 g : cm²; vitesse 7,14 m : s;

Courbe 2, charbon II, dur, Albert Lessing, à Nuremberg, pression 168 g : cm²; vitesse 6,65 m : s;

Courbe 3, charbon III, électrographitique tendre, X « le Carbone », pression 151 g : cm²; vitesse 9 m : s.

Courbe 4, charbon IV, très dur, Gr.-R. « Siemens », pression 117 g : cm²; vitesse 9 m : s.

Les courbes 5 et 6 se rapportent à un charbon V, très tendre, S. « Siemens » : la courbe 5 donne la tension efficace en courant alternatif en fonction des densités efficaces, et la courbe 6, la tension instantanée en fonction des densités rapidement variables, une moyenne étant prise entre les valeurs inégales relatives respectivement

aux densités croissantes et décroissantes. On remarquera que la courbe 6 monte beaucoup plus rapidement que la courbe 5 et correspond à environ $b_0 = 0{,}084\,\Omega : \mathrm{cm}^2$, ce qui, pour $j = 10$ A : cm², donne $b_0 j = 0{,}84$ volt, limite raisonnable pour la tension de réactance avec charbons tendres.

Toutefois si intéressants qu'ils soient, ces essais ne nous donnent pas avec sécurité les véritables lois du contact dans la commutation, parce que les conditions sont différentes de ce qui se passe dans le phénomène lui-même : en effet, dans les essais sur bagues en courant alternatif la densité varie, mais la surface de contact reste constante, tandis que dans la commutation, la surface de contact se modifie également en même temps que la densité. De plus, les résultats étudiés ne s'appliquent guère qu'à des densités très modérées, tandis qu'il est particulièrement intéressant de savoir ce qui se passe aux densités élevées qui règnent souvent en fin de commutation.

L'idéal serait donc d'étudier les lois du contact dans la commutation elle-même : mais on se heurte à de très grosses difficultés.

Un grand nombre d'auteurs ont fait des recherches expérimentales sur la commutation même : rappelons parmi eux notre collègue Iliovici, Arnold avec ses divers élèves, en particulier Jordan, et, tout récemment, par une méthode originale, Worrall. Ces recherches ont été singulièrement facilitées par l'invention des oscillographes, due à notre illustre maître A. Blondel.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail de ces travaux. Disons seulement qu'ils n'ont pas donné la solution du problème des contacts, tout en ayant fourni de précieux renseignements sur d'autres parties du phénomène.

La cause principale de cet insuccès réside dans la complexité du phénomène étudié : dès qu'on opère sur dynamo, on obtient simultanément l'action de plusieurs variables fort différentes, résistance de contact, perturbations dues au champ de l'induit, f. e. m. du champ inducteur, sans compter les causes accidentelles, telles que trépidations, irrégularités de contact des lames, etc.; les résultats sont, par suite, trop complexes pour qu'on puisse y démêler l'action de chaque variable séparée.

On a cherché aussi à étudier expérimentalement une partie seulement du phénomène pour éviter les complications signalées ci-dessus.

Dès 1904, Arnold et J. La Cour ont utilisé un commutateur tournant pour étudier la coupure d'un courant entre lame et bloc de charbon et déterminer dans quelles conditions se produisent les étincelles. L'appareil se compose d'un collecteur C (*fig.* 6) de 120 lames, réunies en parallèle par groupes de quatre, les 30 groupes étant alternativement réunis à deux bagues F_1 et F_2; une batterie d'accumulateurs d'environ 10 volts était fermée sur un circuit comprenant un balai B frottant sur le collecteur; la bague et le frotteur F_1, une résistance r pour l'oscillographe i mesurant l'intensité, une résistance R et une self-induction réglables; un autre équipage de l'oscillographe u donnait la tension entre le balai et la bague F_1. Le courant était établi et coupé à chaque passage d'un groupe de lames sous le balai B; le frotteur F_2 servait à l'étalonnage de l'oscillographe i, par fermeture du court circuit D (qui était coupé, en général, en dehors des opérations d'étalonnage).

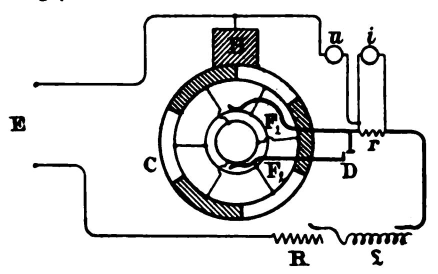


Fig. 6. — Coupure par commutateur tournant (Arnold et Liska).

Les auteurs ont opéré avec des balais X du « Carbone », à raison de trois balais en ligne, d'une largeur totale de 6,6 cm, et d'une longueur périphérique de 1,4 cm, un groupe de lames ayant une longueur totale de 2,09 cm; la vitesse a varié entre 200 et 1500 t : m, soit à la périphérie de 2,1 à 15,7 m : s.

Pour de faibles vitesses et de faibles self-inductions, les auteurs ont obtenu une courbe exponentielle (?) de décroissance du courant (*fig.* 7 A); pour de grandes vitesses et self-induction, la d. d. p. à la coupure s'élève notablement au-dessus de la tension de la batterie, et il y a déformation des courbes et fortes étincelles (*fig.* 7 B).

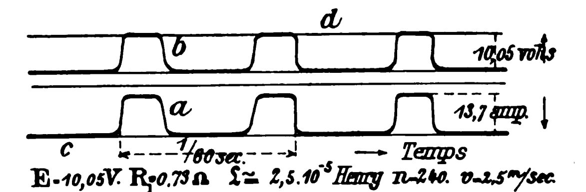


Fig. 7 A. — Coupure à faible vitesse et self-induction; pas d'étincelle.

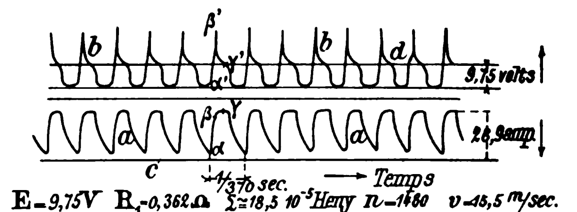


Fig. 7 B. — Coupure à forte vitesse et self-induction; grosses étincelles.

Ils en ont déduit une tentative pour qualifier les étincelles par la puissance moyenne libérée au bec du balai par centimètre de largeur frontale; ils ont conclu que, pour une valeur de cette puissance inférieure à 50 watts, les étincelles étaient très faibles et admissibles. Malheureusement, la définition du temps qui entre dans cette formule est trop artificielle, ce qui lui enlève beaucoup de valeur.

Nous avons nous-même étudié cette question d'énergie libérée, et reproduit ces essais, au milieu d'autres diffé-

rents, et après avoir longtemps cherché la signification de la forme des courbes de courant et de tension de la

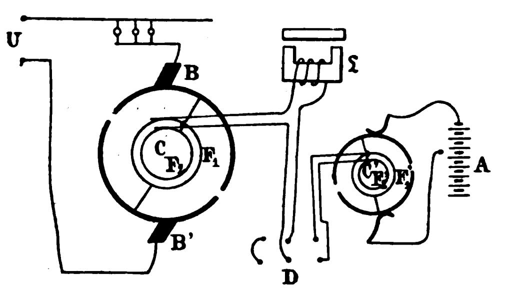


Fig. 8. — Appareil de démonstration de Smith.

figure 7 B, nous avons constaté que la branche $\alpha\beta$ du courant était tout simplement l'étincelle *en dehors du balai, prolongeant le temps* T, étincelle qui engendre une tension de coupure de la forme $\alpha'\beta'\lambda'$, sur laquelle nous reviendrons plus tard. En α la lame échappe au balai, il n'y a pas *contact spécial*, mais *étincelle ou arc de coupure*.

Signalons seulement pour mémoire les essais de Liska sur des circuits sans self-induction, et un curieux appareil de démonstration imaginé par Smith, à l'Institut technologique du Massachusetts, donné dans la figure 8.

A. Mauduit.

(*A suivre.*)

Turbo-dynamos de 30000 chevaux. — D'après *E. T. Z.*, du 14 novembre, la Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk qui a été la première en Allemagne à employer des turbines de 10000 chevaux, vient d'accomplir une performance remarquable par l'installation de trois groupes turbo-dynamos d'une puissance individuelle de 30 000 chevaux. Aux États-Unis même, il n'existe pas encore d'unités de cette puissance. La dynamo est construite pour 21 500 kv-A, 15000 kw en chiffres ronds avec cos φ = 0,7. Le moteur à vapeur et la génératrice peuvent supporter une surcharge de 25 pour 100. Deux groupes fonctionnent depuis le mois de juillet dernier à l'usine génératrice de Düsseldorf-Reisholz; le troisième est destiné à la station de Essen : une photographie en a été publiée dans le numéro du 25 octobre dernier, p. 338, de *La Revue Electrique*. Trois maisons ont participé à la fourniture de ce formidable matériel : l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, de Berlin, pour l'un des groupes de Dusseldorf; la Société Brown-Boveri, pour l'autre; le troisième est issu de la collaboration de Escher, Wyss et C°, de Zurich avec les Siemens-Schuckertwerke, de Berlin. Les groupes de Düsseldorf fonctionnent depuis plusieurs mois sans incident. Cette usine peut d'ailleurs être présentée comme le type des usines à groupes turbo-dynamos, car elle comprend :

3 unités d'une puissance individuelle de 7150 kv-A ou 5000 kw pour cos φ = 0,7.

2 unités d'une puissance individuelle de 21 500 kv-A ou 15 000 kw pour cos φ = 0,7.

En chiffres ronds, la puissance totale est de 60 000 kv-A ou 45 000 kw pour cos φ = 0,7, ou encore 90 000 chevaux fournis par 5 unités seulement. Les nouvelles machines n'ont pas eu de difficultés à s'adapter au local existant comme le montre le détail de leurs dimensions d'encombrement comparées à celles des groupes de 5000 kw.

	Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft.	Brown-Boveri et C°.	Escher, Wyss et C° et Siemens-Schuckertwerke.
Longueur en mm...	15310	15175	15500
Largeur en mm.....	4750	4260	4400

Groupes de 5000 kw.	Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft.	Germania Werk.	Escher, Wyss et C° et Siemens-Schuckertwerke.
Longueur en mm....	11 865	14955	14955
Largeur en mm.....	4050	3750	3750

Le hall a 24 m de largeur et 54,65 m de longueur. Les pompes diverses sont actionnées par des tubines à vapeur ou des moteurs électriques; pour ces services accessoires chaque groupe de 15000 kw dépense 280 kw et 5000 m^3 d'eau à l'heure. La tension d'excitation est de 220 volts; elle est de 5250 volts aux bornes des génératrices triphasées.

L'utilisation des chutes du Niagara. — M. Robert Pitaval, qui a eu récemment l'occasion de visiter ces chutes et les usines génératrices et électrochimiques établies sur ces rives, expose les impressions que lui a laissées cette visite, dans un article publié par le *Journal du Four électrique et de l'Electrolyse* du 15 janvier 1913; nous en extrayons les passages suivants :

La rivière de Niagara, de 55 km de longueur, forme la frontière du Canada et des États-Unis et met en communication les lacs Érié et Ontario qui ont 100 m de différence de niveau. Son cours est très agité, les rapides y sont nombreux, soit en amont, soit en aval des chutes proprement dites de Niagara Falls.

La ville, de 35 000 habitants, est située dans l'angle formé par le brusque coude de la rivière, mais elle ne s'étend pas jusqu'à la rive où le gouvernement a créé une *réserve* avec le Prospect Park et l'île des Chèvres située au milieu du fleuve. Cet exemple a été suivi sur l'autre rive par les autorités canadiennes, de sorte que les chutes ont conservé un cadre de verdure en harmonie avec la beauté d'un spectacle de la Nature. Les usines électrochimiques, dont les fumées diverses auraient pu ternir le nuage vaporeux qui, de loin, signale cette merveille, ont de même été refoulées à 2 km au moins des chutes. La ville garde ainsi, malgré l'inextricable réseau de fils électriques qui la parcourent et l'enveloppent, un cachet d'élégance convenant aux nombreux touristes qui la visitent chaque année.

Un pont jeté au-dessus des rapides d'amont relie la rive américaine à l'île des Chèvres qui sépare les deux chutes. La première, large de 330 m et haute de 47 m, est brisée par nombre de rochers gigantesques; la seconde, dite chute canadienne ou Horseshoe Fall, large de 915 m, a la forme d'un fer à cheval et l'eau tombe en une seule gerbe paisible et imposante, de 44 m de hauteur.

Ce qui caractérise cette chute, c'est la puissance et l'étendue de la lame d'eau qui franchit ce seuil de 40 à 50 m. Il faut, pour s'en faire une idée, se rappeler que tous les grands lacs de l'Amérique du Nord se déversent par là dans l'Océan. Les lacs Supérieur, Michigan et Huron, qui communiquent entre eux, sont reliés au lac Érié par la rivière Saint-Clair, et c'est le Niagara qui fait communiquer celui-ci avec le lac Ontario. De là, toutes les eaux de ces véritables mers intérieures, dont on connaît la superficie immense, sont évacuées à l'Océan par le puissant fleuve Saint-Laurent.

On estime qu'il passe à Niagara Falls en moyenne 25 millions de mètres cubes d'eau à l'heure qui pourraient donner lieu à la création d'une force de 3 à 5 millions de chevaux suivant les saisons. Les neuf dixièmes de cette masse d'eau s'échappent par la cataracte canadienne et la frontière américaine passe au milieu de celle-ci.

Or, actuellement on n'utilise guère que 500 000 chevaux dans les diverses usines de forces installées sur les deux rives américaine et canadienne.

La question qui se pose est de savoir si l'on doit augmenter cette puissance utilisée ou en rester là. Autrement dit, le conflit met aux prises, d'une part, ceux qui voudraient faire de Niagara un centre

industriel puissant, unique au monde et, d'autre part, les artistes, les touristes qui désirent maintenir toute la beauté d'un site incomparable. Or, il est certain que si l'on dérive pour les usages industriels une partie de l'eau des chutes, l'épaisseur de la lame d'eau sera diminuée, sa largeur également, car déjà le seuil est mis à nu du côté canadien, et le spectacle de l'ensemble diminuera de beauté.

Nous avons déjà vu cette lutte à propos des chutes du Rhin à Schaffouse et l'on connaît les restrictions apportées par la législation des cantons riverains pour garder à ces chutes fameuses tout leur cachet artistique.

On pourrait croire que les Américains, en gens réputés pratiques avant tout, ne s'embarrassent pas de ces scrupules. Il n'en est rien cependant et, dès 1906, le Congrès adoptait la loi Burton qui visait à conserver aux cataractes toute leur grandeur et entravait la destruction du Horseshoe, qui n'était pas alors protégé par la loi canadienne, en interdisant toute importation de courant électrique aux États-Unis au delà de 160 000 chevaux.

Depuis (le 13 mai 1910) un traité est intervenu entre les deux gouvernements pour limiter la prise d'eau à 36 000 pieds cubes à la seconde sur la rive canadienne et à 20 000 sur la rive américaine, ou, en tout cas, à un cinquième seulement du débit de la rivière. Mais ce traité ne peut devenir effectif que le 4 mars prochain, échéance des restrictions de la loi Burton. Quelques jours nous séparent seulement de cette date et la question de Niagara est fort discutée en ce moment aux États-Unis. On estime que le Congrès ratifiera les bases du traité ci-dessus en augmentant toutefois la part des États-Unis de 4400 pieds cubes à la seconde. Naturellement les restrictions à l'importation de l'énergie électrique du Canada aux États-Unis prendront fin le 4 mars prochain, date où cessent les prescriptions de la loi Burton.

Quelle sera dans ces conditions le maximum d'énergie à envisager dans l'avenir pour les usages industriels de Niagara Falls? Les usines hydro-électriques installées disposent de la force suivante aménagée ou à aménager :

Rives américaines.	
Niagara Falls Power Cy..............	145 000 ch
Niagara Falls Hydraulic Power Cy....	150 000 »
Rives canadiennes.	
Toronto Niagara Power Cy...........	125 000 »
Canadien Niagara Power Cy..........	100 000 »
Ontario Power Cy...................	225 000 »
Total........	745 000 »

En réalité, il n'y a pas plus de 500 000 chevaux à utiliser sur les deux rives et l'entente survenue entre les deux gouvernements ne permettra pas de dépasser ce chiffre déjà important. Les usines de force ont tenu, il faut le dire à leur louange, à ne pas détruire l'aspect pittoresque des rives par des constructions déplaisantes. Un évident souci d'art a présidé à l'édification des bâtiments situés tout proche des chutes et ceux-ci ne nuisent pas à l'esthétique du paysage.

Ces 500 000 chevaux ne sont pas tous utilisés à Niagara Falls, le courant est transporté de part et d'autre dans un rayon de plus de 300 km. Sur le côté canadien les transports de force atteignent Toronto, sur l'Ontario, et les bords du lac Huron. Sur la rive américaine le courant, provenant indifféremment des usines étrangères et nationales, va jusqu'à Syracuse, d'un côté, et les limites de l'État de Pensylvanie de l'autre, desservant de grandes villes comme Buffalo, Rochester, Lockport ou des grandes usines comme la Lackawanna Steel Plant, sur le lac Érié.

Je ne connais pas le nombre de chevaux ainsi tranporté hors de Niagara, par toutes les usines hydro-électriques plus ou moins trustées, mais il est incontestable qu'il a une tendance à s'élever, car le transport de force est plus avantageux pour les usines productrices que la vente du courant aux usines électrochimiques installées dans la banlieue.

Ces usines ont même dû, pour cette raison, et en prévision d'agrandissements possibles comme on doit toujours en prévoir, s'assurer par contrat un certain nombre de chevaux non encore utilisés pour lesquels on va jusqu'à payer 20 fr par cheval, simplement pour garder l'option jusqu'au moment où l'utilisation sera possible.

C'est dire qu'il n'y aura bientôt plus d'énergie disponible à Niagara et l'on est dès maintenant fixé sur la capacité de production des grandes usines électrochimiques de cette région. Ces usines situées au bord de la route de Niagara à Buffalo ou à Echota, sur les terrains achetés prévisionnellement par la Niagara Falls Power Cy. Dès maintenant nous pouvons dire que le centre électrochimique de Niagara avec un prix du cheval-an à 75 fr en moyenne, avec une main-d'œuvre payée 15 fr par jour environ et avec les restrictions législatives apportées aux prises d'eau dans la rivière ne constituera jamais une concurrence sérieuse pour les usines d'Europe du même genre. La situation à Niagara est fort loin d'être comparable à celle des usines scandinaves bien mieux partagées.

Enfin, l'industrie à Niagara est encore subordonnée à des conditions climatériques variables et pénibles. Il règne dans ce pays de très fortes chaleurs en été et, par contre, l'hiver y est long et très rigoureux, avec souvent 30° de froid.

Les deux usines génératrices situées sur la rive américaine possèdent 32 groupes de 5000 chevaux chacun. A la station canadienne de la Canadian Niagara Power Cy, il y a cinq générateurs de 10 000 chevaux chacun complètement indépendants. La station de l'Ontario Power Cy comprend dix turbines, trois de 10 000 chevaux et sept de 12 000 chevaux. Le courant produit à 12 000 volts est transformé en courant à 60 000 et 110 000 volts avant d'être envoyé sur les lignes de transport aux centres de distribution. La conduite forcée principale de cette Société qui amène l'eau de la prise d'eau, située au-dessus des rapides supérieurs, jusqu'à la chambre des turbines a 5,40 m de diamètre.

La construction de toutes ces usines a donné lieu à des travaux souterrains considérables et extrêmement intéressants qu'on visite facilement grâce à des ascenseurs installés partout.

J'ai dit que la rivière de Niagara présentait 100 m de différence de niveau depuis sa sortie du lac Érié jusqu'à son embouchure au lac Ontario. Au-dessous des chutes la rivière coule dans une gorge encaissée et profonde où elle forme des rapides très impressionnants. L'énorme masse d'eau s'engouffre dans un canal si étroit, n'atteignant pas 90 m à Whirlpool, que la lame d'eau, épaisse de 15 à 20 m, se soulève dans le milieu en prenant une forme nettement convexe. La différence du niveau des eaux entre Niagara et Lewiston, où la navigation commence, est d'une trentaine de mètres. On pourrait créer dans cette partie de puissantes usines, mais l'impétuosité du courant et les pentes abruptes de la gorge s'opposent à toute installation.

On se rend parfaitement compte, en examinant la coupe naturelle des terrains que forme cette gorge (on a réussi à installer une petite plate-forme pour un *car* qui suit toute la rive américaine), du lent travail de désagrégation fait par les eaux. Le seuil des chutes du Niagara recule tous les ans, il y a quelques milliers d'années il était sans doute plus bas, dans ces gorges resserrées de Whirlpool.

Se figure-t-on ce que devait être alors le spectacle terrifiant de la cataracte de Niagara se réduisant à une lame d'eau de 100 m de large et 15 m d'épaisseur au moins se précipitant de 60 à 70 m de haut ! La plate-forme du seuil (calcaires et schistes) n'a pas dû résister longtemps à la violence d'un pareil torrent, et à cette époque le seuil devait reculer presque à vue d'œil.

Aujourd'hui, ce travail d'érosion n'est pas terminé, la chute remonte encore de quelques centimètres chaque année ; mais, d'une part, la rivière s'élargit de plus en plus en amont et, d'autre part, dans 3 km plus haut, les stratifications calcaires et schisteuses du lit disparaîtront pour faire place au grès plus résistant. A ce moment la cataracte de Niagara, formée d'une seule chute, ne changera plus guère d'aspect et n'aura que 25 à 30 m de haut.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

LIGNES AÉRIENNES.

Dispositif automatique pour la mise à la terre des conducteurs électriques rompus.

Lorsqu'un conducteur électrique vient à se rompre et tombe à terre, il est bien rare que le disjoncteur de l'usine génératrice fonctionne, à moins que le point neutre soit à la terre. Le conducteur rompu est à la portée de la main ou traîne sur le sol et les plus graves accidents sont à redouter, on ne compte plus ceux ayant eu des suites mortelles.

Lorsque le conducteur rompu vient à s'abattre sur des lignes télégraphiques, téléphoniques ou commandant des signaux de chemin de fer, les conséquences peuvent en être incalculables · mort d'hommes, incendie des appareils, des locaux, fonctionnement intempestif des signaux, etc. Le déclenchement du disjoncteur à l'usine, en admettant qu'il ait lieu, n'atténuerait que fort peu les suites de l'accident, parce qu'il serait trop tardif.

Nombreux sont les appareils ayant pour but d'éviter ces accidents; les uns mettent les brins rompus à la terre, les autres établissent un court circuit, entre deux phases, pour faire déclencher l'automatique à l'usine, il y en a aussi qui permettent aux brins rompus de se détacher de l'isolateur et de tomber à terre.

Dans tous ces systèmes, on remarque que les contacts de mise à la terre ou autres qu'ils doivent créer en fonctionnant sont mauvais, par conséquent peu sûrs, et que la plupart d'entre eux comportent des dispositions articulées.

Un appareil automatique de sécurité doit être d'un fonctionnement sûr, il ne doit donc pas être basé sur des contacts douteux; il ne faut pas non plus qu'il comporte des articulations qui s'encrassent par les poussières et l'oxydation, et qui, le moment venu, ne peuvent pas agir. C'est là un défaut capital des appareils automatiques qui fonctionnent rarement.

Les dispositifs dont nous venons de parler sont mécaniques, il y en a aussi d'électriques, mais, ni les uns ni les autres n'ont, croyons-nous, donné satisfaction.

Pour éviter les inconvénients ci-dessus, nous nous sommes imposé, dans l'étude de notre dispositif, les conditions suivantes :

1° Mise à la terre automatique et sûre des brins rompus par une terre franche;

2° Mise à la terre du conducteur rompu assez rapide pour qu'elle ait lieu avant tout contact avec les lignes télégraphiques placées au-dessous et à plus forte raison avec le sol;

3° Éviter dans le dispositif toute articulation que la poussière ou l'oxydation risquerait d'empêcher de fonctionner.

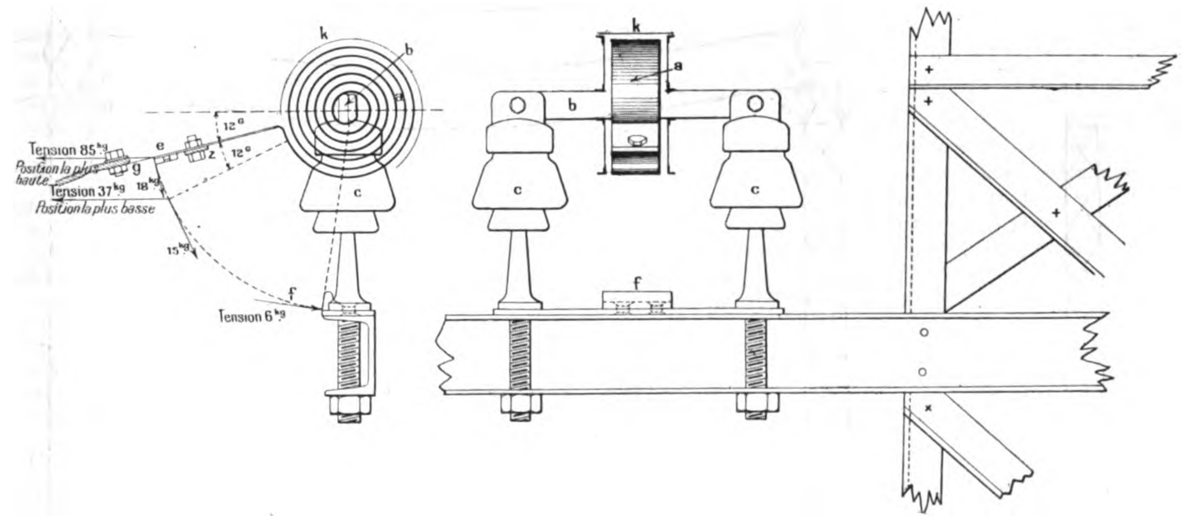


Fig. 1 et 2. — Vue de côté et vue de face du dispositif Déthiollaz pour la mise à la terre automatique des conducteurs rompus.

Description du dispositif. — La réalisation de ces conditions nous a conduit à adopter, comme dispositif, un simple ressort en spirale plat *a*, en acier trempé, calé sur un axe métallique *b* porté par deux isolateurs *c* (*fig.* 1, 2 et 3).

L'extrémité libre porte un contact *e* et une lame flexible *g*, à laquelle est fixée l'extrémité du fil de traversée; cette lame qui peut suivre, sans grande fatigue du métal, les variations de flèche du conducteur, permettra à l'attache de celui-ci de toujours travailler en traction, ce qui convient mieux à sa raideur.

Le fonctionnement du dispositif est le suivant :

Chaque extrémité du conducteur de traversée est fixée à un ressort, qui de ce fait se trouve tendu dans des conditions déterminées; si le conducteur se rompt, les deux ressorts se détendent brusquement, en entraînant chacun le brin qui lui est adjacent, et viennent buter contre le contact *f*, relié à la terre; si celle-ci est de faible résistance, les tronçons rompus seront inoffensifs.

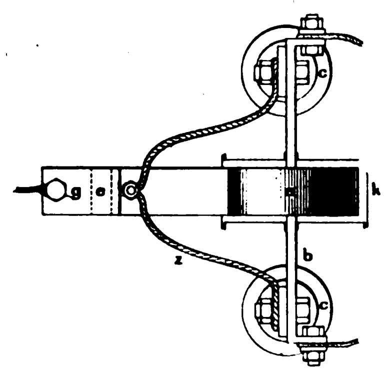


Fig. 3. — Vue en plan du dispositif Déthiollaz.

On voit que ce dispositif répond bien aux conditions du problème. Il met à la terre les conducteurs rompus, sûrement, et cela sans aucune articulation. Nous montrons plus loin quelle est sa rapidité d'action.

Le ressort est shunté par un câble en cuivre nu *z*, très souple. La présence de cette espèce de bobine de self n'apportera donc aucun trouble sur les lignes.

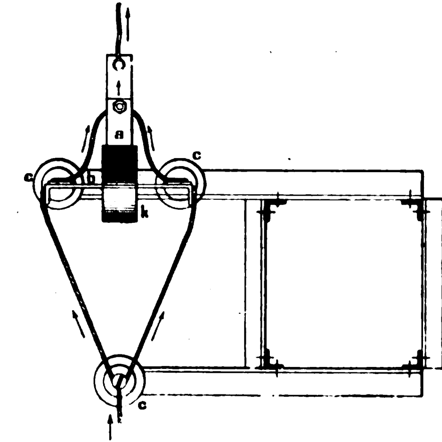


Fig. 4. — Vue en plan de l'installation du dispositif sur un pylone.

o, ressort; *b*, axe métallique; *c*, isolateur; *e*, contact sur le ressort; *f*, contact de mise à la terre; *g*, lame flexible; *k*, capot; *z*, câble nu souple shuntant le ressort.

Un petit capot *k* empêchera le ressort d'être enrobé par la glace.

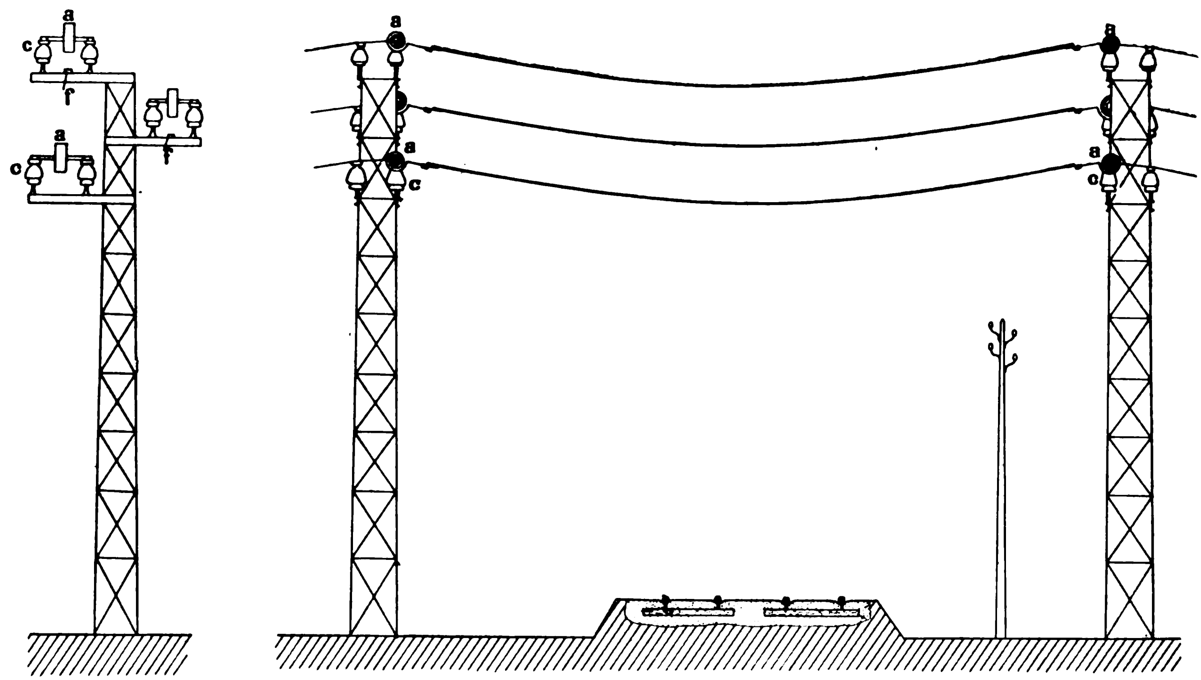


Fig. 5 et 6. — Disposition de l'appareil pour traversée de voies ferrées.

Des essais nous ont permis de constater que les efforts latéraux, provenant de l'action du vent sur le fil, ont peu d'effet sur le ressort, les spires n'ont donc pas besoin de guides sur le côté.

Calcul du ressort. — Le ressort est déterminé de manière que sa plus faible tension, qui correspond à la flèche maxima du conducteur, soit telle que la durée de sa fermeture de mise à la terre soit très inférieure au



temps que met, en tombant, le tronçon rompu pour venir en contact des fils à protéger. On sait que les règlements imposent que les conducteurs d'énergie passent au minimum à 2 m au-dessus des fils longeant les voies ferrées, et, dans les autres cas, à 1 m.

Le ressort n'a à vaincre, en se fermant, que l'inertie du tronçon de fil qu'il entraîne : pour déterminer le temps qu'il mettra à se fermer, il faut donc, pour se placer dans les plus mauvaises conditions, admettre que la rupture a lieu à l'attache située de l'autre côté de la traversée; en un mot, on doit compter que le ressort aura à entraîner la portée entière du conducteur.

Pour fixer les idées, nous prendrons comme exemple une traversée de chemin de fer.

Les traversées de chemin de fer (*fig.* 5 et 6) sont habituellement les plus importantes; leur portée varie entre 20 et 30 m, celle des routes dépasse rarement 20 m. C'est pourquoi nous avons choisi 30 m pour notre application. Nous avons compté sur un fil de 6 mm de diamètre; sa section, avec les tensions généralement adoptées, est suffisante pour les plus importants transports d'énergie, attendu que sur une aussi petite longueur on peut admettre une densité de courant très élevée.

En pratique, les portées sont souvent plus faibles, notre exemple répond donc à presque tous les cas. En effet, lorsque les fils auront des dimensions inférieures à celles de cette application, il ne peut en résulter, avec un même ressort, qu'une fermeture plus rapide, puisque sa durée est proportionnelle à la masse du fil rompu entraîné par le ressort.

Nous avons alors :

Portée de la traversée	30 m
Diamètre du fil	6 mm
Section du fil	28,27 mm²
Tension minima du fil	1,3 kg : mm²
Flèche correspondante, environ	0,65 m
Tension maxima du fil	3 kg : mm²
Flèche correspondante, environ	0,35 m

Il en résulte pour le ressort :

Effort minimum du fil sur le ressort, environ 37 kg correspondant à une tension de ce dernier de	15 kg
Effort maximum, 85 kg, correspondant à une tension du ressort de	18 kg
Section de la lame du ressort	70 mm × 4 mm
Nombre de spires	13
Diamètre extérieur du ressort, environ	200 mm
Travail minimum du métal par mm²	25 kg : mm²
Travail maximum »	30 kg : mm²

Cette fatigue est admissible, l'acier trempé pour ressort ayant sa rupture de 110 à 120 kg par millimètre carré.

Il en résulte pour la durée de la fermeture du ressort : 0ˢ,156 environ.

Le fil en tombant, mettra 0ˢ,64 pour venir en contact avec la ligne télégraphique, ou autre, placée à 2 m au-dessous du conducteur d'énergie; dans les cas où cette distance est de 1 m, le temps sera de 0ˢ,45.

Cette application montre que toutes les traversées rencontrées en pratique peuvent être protégées à peu de frais par ce dispositif de dimensions restreintes, bien que l'exemple choisi s'applique à une portée qui n'est pas souvent dépassée. D'ailleurs, rien ne s'oppose à l'application de ce système à des portées de 40 ou 50 m et à des fils de section plus forte ; le ressort devra être établi en conséquence.

On remarque aussi que la fermeture du ressort sur le contact de mise à la terre a lieu avant que le fil rompu vienne toucher les lignes à protéger, quoique nous ayons adopté l'hypothèse la plus défavorable ; dans tous les autres cas de rupture, elle sera encore plus rapide.

APPLICATIONS. — Par les figures 7 et 8 on voit que cet appareil de sécurité peut être disposé de manière à être employé même dans les alignements droits, mais il est

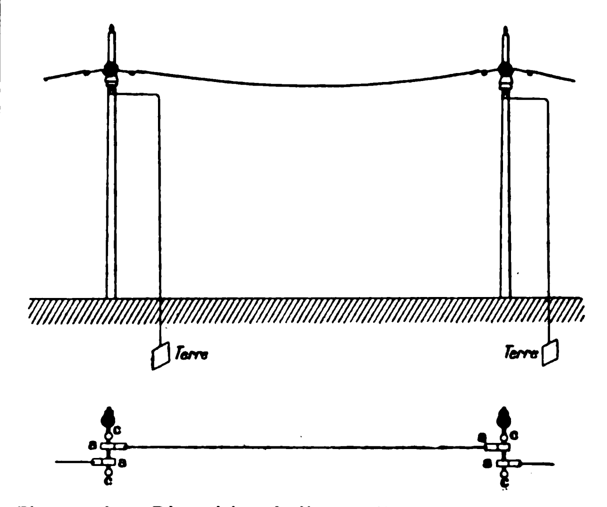


Fig. 7 et 8. — Disposition de l'appareil en alignement droit.

bien évident que, dans ce cas, son emploi serait limité aux quelques portées qui longent des voies très fréquentées, à l'entrée des agglomérations par exemple. Dans quantité de villages et de villes, déjà d'une certaine importance, les lignes à haute tension pénètrent sans aucune protection contre les ruptures des conducteurs d'énergie, aussi les accidents sont-ils fréquents et toujours graves.

Nous préconisons notamment l'emploi de cet appareil pour les traversées de chemin de fer, de routes, (surtout à l'entrée des villes et des villages), de canaux, et aussi pour protéger les lignes télégraphiques et téléphoniques importantes lorsqu'elles sont croisées par des conducteurs haute tension.

Les règlements prescrivent pour les traversées de chemin de fer quatre pylônes métalliques; cet appareil permettrait d'en supprimer deux, ce qui compenserait et au delà la dépense d'installation des dispositifs de sécurité.

Il est préférable d'installer ces derniers sur des pylônes, mais ils peuvent fort bien être placés sur des poteaux en bois.

Ce dispositif de sécurité est peu coûteux, robuste, extrêmement simple, et, nous le répétons, d'un fonctionnement sûr, parce qu'il n'a aucun organe, aucune

articulation que l'oxydation ou l'accumulation des poussières peut paralyser au moment d'agir.

Les contacts de mise à la terre sont largement dimensionnés et assurés par une force de pression de 6 kg.

Enfin, la mise à la terre se fait avec une rapidité telle que le conducteur rompu devient inoffensif avant d'avoir eu le temps d'entrer en contact avec quoi que ce soit.

Les croquis s'appliquent à une tension de 15 000 volts, mais ce dispositif peut être installé sans plus de difficultés sur des lignes à très haut voltage en donnant, bien entendu, à certains écartements l'importance qu'ils doivent avoir.

On pourrait aussi répondre aux traversées de différentes portées en créant deux ou trois types d'appareils.

L'appareil avec le fer plat portant le contact de mise à la terre forme un tout bien complet d'un montage facile [1]. DÉTHIOLLAZ.

[1] Pour répondre à certaines objections et pour compléter la description qui précède, nous ajouterons :

1° Que le coefficient de sécurité 4 adopté pour la fatigue du ressort est très admissible, parce que plus un métal est parfait, et c'est le cas de l'acier trempé à ressort, plus le coefficient de sécurité peut être faible. Néanmoins, pour le cas où l'on voudrait le porter à 5, il suffirait d'augmenter l'épaisseur de la lame de 0,5 mm, ce qui est insignifiant.

2° Nous avons choisi du fil de 6 mm de diamètre dans l'exemple de traversée, mais les ressorts pourraient parfaitement être établis pour du câble de 80 mm² et au delà sans sortir de la construction courante; remarquons toutefois que cela serait sans utilité, parce qu'on peut très bien sur une ligne, quelle qu'elle soit, admettre une réduction de section sur une aussi faible longueur, la chute de tension qui en résultera sera sans importance.

3° Enfin, l'emploi de cet appareil ne créerait pas une situation nouvelle plus dangereuse que celle actuelle, bien au contraire. Toutes choses égales, il ne ferait que réaliser d'une manière sûre les prescriptions de l'article 25, paragraphes 5 et 6 de l'arrêté ministériel du 21 mars 1911, qui impose que les pylônes de traversée portent un cadre mis à la terre sur lequel doit venir reposer le fil rompu; or, le contact entre ce dernier et le cadre est problématique, puisque le fil est abandonné à lui-même, il peut ne pas se produire, l'expérience le prouve; mais en admettant même qu'il ait lieu, il s'établira par des surfaces très faibles presque sans pression, la terre sera par suite trop résistante et non seulement il n'y aura pas déclenchement, mais le brin rompu, dans tous les cas sans exception, sera extrêmement dangereux, même en admettant que la victime ou le vent ne vienne pas rompre le contact, car le fil resté libre peut se déplacer facilement.

L'appareil que nous venons de décrire supprime tous ces inconvénients, son fonctionnement ne dépend pas du hasard; si le fil rompu vient par mégarde à être heurté, le contact subsistera et il n'y aura pas de victime si la terre a été convenablement établie.

APPAREILLAGE.

Disposition pour éviter les fuites de courant entre contacts sous tension placés dans l'huile.

Avec l'emploi d'interrupteurs dont les couteaux sont engagés dans les contacts placés dans l'huile, ou tout autre liquide isolant, il arrive souvent qu'au moment de l'ouverture de l'interrupteur sous tension, un courant s'établisse par suite de la conductibilité des produits de décomposition du liquide isolant ou par suite de différentes causes, entre autres les phénomènes de charge électrostatique sur les surfaces de contacts dus aux décharges atmosphériques ou à d'autres surtensions. Pour se préserver de ces fuites de courant, pouvant amener des perturbations dans les installations, les ateliers Siemens-Schuckert, de Berlin, emploient un dispositif

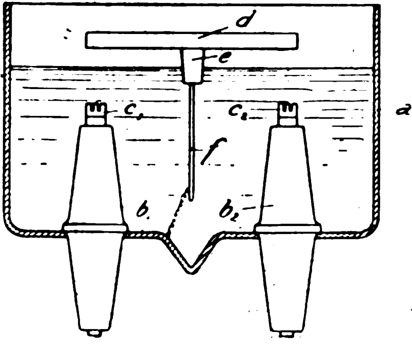


Fig. 1.

ayant pour but de conduire à la terre ces courants. Ce dispositif consiste en une cloison conductrice f supportée par le couteau d au moyen d'une pièce isolante et placée entre les deux contacts c_1 et c_2 montés sur des isolateurs b_1 et b_2.

La cloison f est reliée métalliquement avec la cuve ou avec la terre. Pour diminuer les dimensions de la cuve, on peut employer, au lieu de cloisons rigides, des cloisons souples, par exemple un treillis se repliant sur lui-même ou même des cloisons formées de tôles articulées les unes par rapport aux autres.

L'emploi de ce dispositif est particulièrement avantageux avec les interrupteurs dont les deux contacts d'un même pôle sont sous tension, comme c'est le cas, par exemple, dans les conducteurs bouclés. En effet, tandis que dans les interrupteurs dans lesquels un seul contact de chaque pôle est sous tension, on peut empêcher les fuites d'être dangereuses en mettant les contacts isolés à la terre après la rupture, il est impossible de faire la même opération avec des interrupteurs intercalés dans les circuits bouclés; le dispositif en question constitue un moyen excellent et très simple de rendre les fuites inoffensives.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

RADIOTÉLÉGRAPHIE.

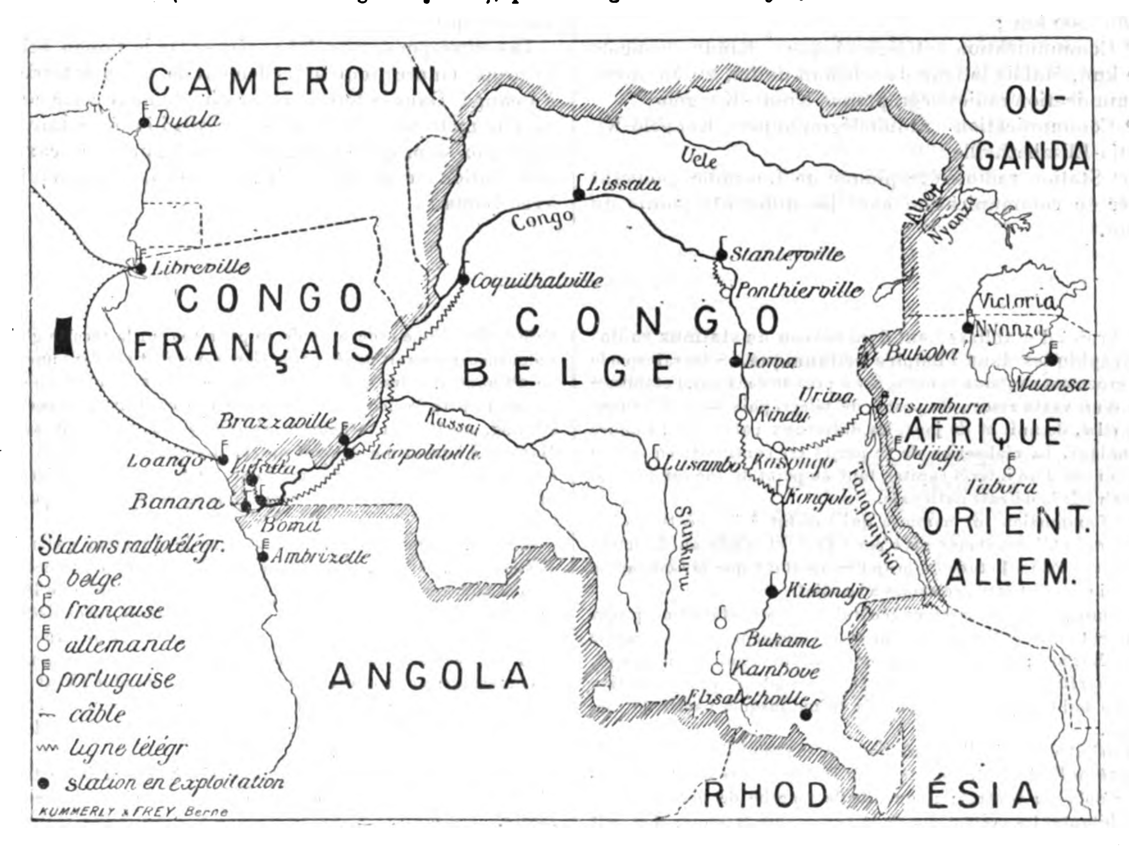
Sur la réception par antenne au ras du sol (¹).

L'an dernier, M. Rothé avait constaté que l'on pouvait recevoir à Nancy les signaux de la tour Eiffel avec un fil de 15 m tendu à 2,50 m du sol (²). Il a également reconnu qu'un fil complètement horizontal d'une cinquantaine de mètres de long, placé d'une manière quelconque à hauteur d'homme dans la cour de l'Institut de Physique de Nancy, permet également la réception.

Au cours des dernières vacances, M. Rothé a effectué de nouvelles expériences près de Saint-Dié. L'antenne dont il se servit était un fil de cuivre unique placé sur des potelets de 15 cm de haut, très mal isolé, touchant parfois l'herbe; sa longueur a varié d'un minimum de 15 m jusqu'à un maximum de 35 m. Cette antenne communiquait avec une conduite d'eau (conduite d'arrosage du jardin), par l'intermédiaire d'une bobine de self-induction de 0,0045 henry; elle n'était pas orientée dans la direction de Paris. Le circuit du détecteur comprenant en série le détecteur, le téléphone et les piles, était en dérivation entre le sol et le point d'attache de l'antenne et de la self-induction. Dans ces conditions, on entend parfaitement la tour Eiffel. On peut utiliser le téléphone à grande résistance (4000 ohms); le téléphone à petite résistance (150 ohms), branché sur le transformateur de M. Jégou, donne aussi d'excellents résultats. Le jardin où ces expériences ont été faites est entouré entièrement d'un treillage métallique de plus de 1 m de hauteur.

Le réseau radiotélégraphique du Congo belge (¹).

A la suite du rapport d'une mission envoyée au Congo belge en février 1911, fut décidé l'établissement d'une communication de télégraphie sans fil entre Banana et Elisabethville. Les postes intermédiaires servant de relais seront disposés le long du Congo, du Kassai et du Sankuru.



Le réseau radiotélégraphique du Congo belge se com-

(¹) E. Rothé, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLV, 15 novembre 1912, p. 1075-1076.

(²) *Comptes rendus*, t. CLIV, 22 janvier 1912.

(¹) *Journal télégraphique*, 25 décembre 1912, p. 314-319.

pose actuellement des stations suivantes (*voir* la Carte) : Banana, Boma, Léopoldville, Coquilhatville, Lissala, Stanleyville, Lowa, Kindu, Kingolo, Kikondja, Elisabethville et Lusambo.

Après la mise au point de son réseau radiotélégraphique, le Congo belge disposera des communications ci-après :

1° Communication radiotélégraphique Banana-Boma (80 km); en exploitation depuis 1911; Banana communique en outre avec les navires en mer;

2° Communication télégraphique Boma-Léopoldville (432 km), suivant la route du chemin de fer; en exploitation depuis 1898;

3° Station radiotélégraphique de Léopoldville, étant en relation avec la station française de Brazzaville, distante de 2,5 km et située sur la rive opposée du Congo;

4° Communication télégraphique Léopoldville-Coquilhatville (747 km); en exploitation depuis décembre 1899;

5° Communication radiotélégraphique Coquilhatville-Stanleyville comportant le poste intermédiaire de Lissala (environ 500 km);

6° Communication télégraphique Stanleyville-Ponthierville établie le long du chemin de fer (125 km);

7° Communication radiotélégraphique Stanleyville-Kindu (500 km);

8° Communication télégraphique Kindu-Kongolo (350 km), établie le long du chemin de fer, et, en outre, communication radiotélégraphique Kindu-Kongolo;

9° Communication radiotélégraphique Kongolo-Kikondja-Elisabethville;

10° Station radiotélégraphique de Lusambo, pouvant entrer en communication avec les différents points du réseau.

Aux lignes principales indiquées ci-dessus s'ajoutent les lignes télégraphiques secondaires Boma-Lukula (80 km) et Kasongo-Uriva (425 km). La dernière communication ne formant qu'un tronçon aurait dû faire partie de la grande ligne télégraphique Boma-Lac de Tanganyika, restée inachevée entre Coquilhatville et Kasongo par suite des difficultés insurmontables résultant du climat et des conditions du terrain.

Sitôt que toutes les lignes projetées auront été établies, la longueur totale des communications télégraphiques du Congo belge s'élèvera à plus de 5000 km, dont 2000 km de lignes terrestres et 3000 km de communications radiotélégraphiques.

Les frais d'installation d'une station se chiffrent par environ 130 000 fr. Tous les postes de télégraphie sans fil communiquent entre eux et avec les navires naviguant sur le Congo; il sont, de plus, utilisés pour des opérations géodésiques et pour des expériences scientifiques. Quant aux heures de service, il est à remarquer que les stations congolaises ne peuvent travailler, en raison des perturbations atmosphériques très fortes observées pendant la journée, qu'à certaines heures, notamment entre 6 h et 11 h du matin, l'intensité des signaux émis après 11 h étant trop faible.

Les correspondances échangées entre le Congo belge et l'Europe empruntent actuellement le câble atterrissant à Loango. Dans le but de relier directement cette colonie avec la métropole et de la rendre ainsi indépendante des câbles, on se propose d'ériger à Lacken, près de Bruxelles, une station de grande puissance devant communiquer avec Boma.

Le projet d'établissement d'un réseau de stations radiotélégraphiques dans l'Empire britannique. — On sait que le Gouvernement anglais a projeté, il y a près de deux ans, l'établissement d'un vaste réseau de postes de télégraphie sans fil reliant entre elles, de nuit et de jour, les différentes parties de l'Empire britannique. La réalisation de ce projet est considérée en Angleterre comme d'un intérêt capital, tant au point de vue commercial qu'à celui de la défense nationale.

Une Commission fut nommée qui conclut à la création d'un service radiotélégraphique géré par l'État, et confia au directeur général des Postes l'étude du projet en ajoutant que la Compagnie Marconi pourrait être pressentie à ce sujet.

En conséquence, le directeur général des Postes établit un projet de contrat entre le Gouvernement et la Compagnie de Télégraphie sans fil Marconi; mais avant que ce travail fût connu officiellement, des indiscrétions furent commises et causèrent une grosse émotion dans les milieux politiques; on alla même jusqu'à parler de corruption.

Au début du mois d'octobre dernier, le projet de contrat était présenté au Parlement. L'orateur, Sir H. Norman, se montra adversaire résolu du contrat; il qualifia le marché de désastreux et d'exorbitantes les prétentions de la Compagnie Marconi. Il établit que le contrat aboutissait non pas au Service radiotélégraphique d'État qui avait été envisagé, mais à un monopole en faveur de la Compagnie susnommée. Au point de vue commercial, il critiqua l'allocation d'une redevance de 10 pour 100 sur la recette globale, redevance qui serait payée par le Gouvernement pendant une durée de 28 années, alors que le privilège ne serait accordé que pour 14 ans. Le prix de chaque station construite était fixé à 60 000 livres sterling, et le Gouvernement s'engageait à utiliser le système Marconi à l'exclusion de tout autre. Il résumait en disant que le contrat devait constituer « une sorte de trust qui doublerait les prix d'établissement, et entraverait le progrès scientifique pour une génération ».

A Sir H. Norman succéda à la tribune le directeur général des Postes, M. H. Samuel, qui, après s'être disculpé de certaines accusations, défendit énergiquement le contrat alléguant que le Gouvernement achetait l'expérience d'une Compagnie spécialisée dans l'établissement de stations à longue portée, qu'il achetait également tous les brevets existants et à venir de cette Compagnie, ainsi que ses inventions et procédés tenus secrets; que de plus l'État s'assurait l'assistance de la Société au point de vue technique, ce qui était d'une haute importance, puisque l'Amirauté s'était déclarée incompétente à cet égard.

Il termina en invoquant la difficulté où l'on était de trouver d'autres soumissionnaires offrant des garanties techniques suffisantes.

La séance se termina par le vote de la création d'une « Commission spéciale » chargée d'étudier le marché dans ses détails.

ÉCLAIRAGE ET CHAUFFAGE.

ÉCLAIRAGE DES VÉHICULES.

Dynamos pour l'éclairage des automobiles.

Le Salon de l'Automobile tenu à Paris en décembre 1912 a été, pour beaucoup de personnes, une véritable révélation des applications de la dynamo à l'éclairage des automobiles; jusqu'ici, en effet, on était habitué à considérer cet éclairage comme assez dispendieux et pouvant être réalisé seulement avec des accumulateurs. Depuis quelques années déjà des dynamos avaient cependant été lancées plus ou moins bruyamment et plusieurs d'entre elles ont eu assez d'applications pour montrer qu'il y avait là un problème pratique très intéressant. Les constructeurs l'ont bien compris et tandis que dans les Salons précédents on comptait rarement plus de cinq à six modèles, dans celui-ci nous en avons compté vingt-cinq et certainement quelques-uns ont dû nous échapper.

Le mouvement, bien que paraissant subit et presque spontané, n'est cependant que le résultat d'une lente évolution et si le Salon avait eu lieu à Paris en 1911, les visiteurs de celui de 1912 auraient été beaucoup moins surpris et tentés de croire à la soudaineté du mouvement.

Il est assez curieux de remarquer que le nombre des systèmes de dynamos, ou plutôt le nombre des marques, augmente quand celui des magnétos d'allumage décroît. Ceci s'explique assez facilement : la magnéto est devenue un outil classé et indispensable de l'automobile, mais la délicatesse de sa construction a fini par éloigner un certain nombre de fabricants dont quelques-uns semblent vouloir se rattraper avec la dynamo.

Quels sont donc les avantages reconnus à l'éclairage électrique et qui lui valent cette nouvelle popularité? Là, comme partout, l'éclairage électrique triomphe à cause de sa commodité et de sa propreté. L'allumage et l'extinction peuvent se faire sans arrêt; il est possible d'éclairer à volonté l'intérieur de la voiture et d'avoir une lampe mobile pour rechercher les défauts en cas de panne; les phares peuvent être éteints sans arrêt dans la traversée des villes et villages où ils pourraient causer des accidents. Les lampes électriques permettent l'emploi de réflecteurs plus favorables pour les phares et donnant, à égalité de puissance lumineuse totale, un faisceau plus éclairant. Enfin, on peut, le cas échéant, se passer de la magnéto d'allumage et utiliser le courant des accumulateurs. Ce dernier point, bien que mis en avant par quelques constructeurs, ne nous paraît pas le plus intéressant; la magnéto à haute tension actuelle possède sur la bobine d'induction des avantages très réels et il semble que ce serait un progrès à rebours que de revenir à la bobine dans un but d'unification mal entendue.

Parmi les nombreuses dispositions appliquées à l'éclairage des automobiles, aucune n'est bien nouvelle pour les électriciens et d'ailleurs le problème a déjà été posé pour l'éclairage des trains et a reçu de nombreuses solutions dont quelques-unes sont en service depuis plusieurs années.

Les deux questions, éclairage des trains et des automobiles, ne sont d'ailleurs pas assez semblables pour dire que la solution de l'une serait, *ipso facto*, la solution de l'autre. Il y a pour les autos une différence essentielle avec les trains, et tout à l'avantage de la simplification : le moteur d'auto tourne toujours dans le même sens, tandis que les essieux d'un wagon doivent tourner dans les deux sens. A côté de cet avantage il faut reconnaître bien des inconvénients : emplacement beaucoup trop réduit, service extrêmement irrégulier, surveillance abandonnée aux soins plus ou moins éclairés du conducteur, etc., etc. Dans ces conditions, on ne doit pas s'étonner de voir que deux automobilistes possédant la même dynamo d'éclairage donnent à son sujet des renseignements absolument opposés.

La solution complète du problème serait de réaliser une dynamo capable de fournir une différence de potentiel constante quand la vitesse varie dans les limites des moteurs actuels, c'est-à-dire entre 1 et 6 ou 7, et quelle que soit l'intensité du courant utilisé; nous verrons quelques modèles qui sont construits dans ce but.

Plus nombreux sont les constructeurs qui font appel aux accumulateurs à la fois comme secours et comme régulateurs de charge de la dynamo; la plupart des systèmes proposés travaillent à intensité constante, les accumulateurs absorbant ou fournissant la différence entre l'intensité normale de la dynamo et l'intensité dépensée pour l'éclairage.

La nécessité de maintenir la tension constante pour des variations de vitesse aussi considérables exige que la dynamo soit choisie pour donner sa puissance normale à faible vitesse; s'il n'en est pas ainsi, la limite supérieure conduit à une vitesse excessive et désastreuse au point de vue mécanique. D'autre part, on est conduit à saturer les électros à faible vitesse, mais alors, à grande vitesse, le flux est très faible dans les inducteurs et souvent même la rémanence suffit à gêner le réglage; la conséquence immédiate de ceci c'est que la réaction d'induit est considérable et la distorsion du champ agit, dans presque tous les systèmes, pour aider au réglage.

Il faut s'entendre sur la régularité de tension invoquée par la plupart des constructeurs. En effet, cette régularité dépend des conditions mécaniques et thermiques de la dynamo et les essais peuvent être satisfaisants au laboratoire et dans une courte expérience sans qu'on puisse affirmer qu'il en sera de même après une durée de fonctionnement de quelques heures; il pourra parfaitement arriver alors que la tension aux bornes *baisse* quand la vitesse *augmente*. A ce point de vue, les courbes publiées dans les prospectus n'ont pas une valeur probante absolue et gagneraient à être refaites avec un peu plus d'éclectisme.

Le fait, pour l'éclairage électrique, de n'être pas abso-

lument régulier n'est d'ailleurs pas un défaut rédhibitoire, car il suffit de regarder l'éclairage obtenu avec l'acétylène pour se convaincre qu'il n'est pas impossible de faire aussi bien, sinon mieux.

Dans les systèmes qui emploient simultanément les accumulateurs et les dynamos, les limites de tension sont faciles à définir : elles correspondent au cas de décharge presque complète, les accumulateurs travaillant seuls, et, au cas de surcharge, la dynamo travaillant en parallèle avec les accumulateurs. L'écart entre ces deux valeurs dépasse 25 pour 100, c'est-à-dire que l'intensité lumineuse des lampes à filaments métalliques soumises à ce régime peut varier de 1 à 2,4 environ. Évidemment ces limites sont très rarement atteintes, mais les variations des accumulateurs en charge seules peuvent produire 40 à 50 pour 100 de variation lumineuse et c'est déjà beaucoup, mais certainement pas plus que les lampes à acétylène :

Nous allons examiner les différents modèles exposés au Salon de 1912 en les groupant d'après le mode de réglage adopté.

A. Patinage de la poulie motrice : dynamos « La Patineuse », « Grada » et « Toute-Blanche ».

B. Régulateur à force centrifuge agissant sur l'excitation : dynamo Gallay.

C. Compoundage démagnétisant : dynamos « PHI » et Grouvelle et Arquembourg.

D. Excitation prise sur des balais spéciaux : dynamos « B. R. C. », « La Française », « La Magicienne », « Stereos », et Ducellier.

E. Réglage basé sur la réaction d'induit : dynamos « C. A. V. » et Brolt.

F. Conjoncteur-disjoncteur agissant sur l'excitation : dynamos « PHAR » et Eyquem.

G. Réglage par la self-induction de l'induit : magnétos Becker et « Lutèce ».

H. Shunt magnétique : dynamo « Farelec ».

I. Réglage par résistance en fer à intensité constante : dynamo Rushmore.

Enfin citons pour mémoire les dynamos « M. P. V. » Eisemann-Lavalette, Renault, de Coster (Société des Phares « Tub ») et la magnéto Simms sur lesquelles il ne nous a pas été donné de renseignements utiles.

Dans tous ces systèmes nous retrouvons beaucoup de dispositifs connus et appartenant au domaine public; il ne semble pas que la plupart des brevets pris sur ce sujet soient bien solides et nous ne citons ici que les noms des dynamos exposées sans entrer dans les discussions de priorité qui pourraient s'élever à ce sujet.

A. Dans les dynamos du premier groupe, la régularité s'effectue par glissement entre la poulie motrice et l'arbre de la dynamo; l'intensité du courant fourni reste constante, le courant passant par les lampes ou les accumulateurs selon les cas, par conséquent ce sont, à peu près, des systèmes à vitesse et à couple constants.

Dans la dynamo « Grada » (brevets Gray et Davis), l'accouplement entre la poulie motrice et l'induit est obtenu par deux plateaux pressés l'un contre l'autre par un régulateur à force centrifuge; un cuir est interposé entre les plateaux pour rendre le frottement plus régulier. Quand la vitesse augmente la force électromotrice s'élève; mais comme la pression entre les plateaux diminue, il s'établit un équilibre tel que l'intensité reste constante. D'après un certificat du laboratoire de l'Automobile-Club, le moteur passant de 464 à 1371 tours par minute, la vitesse de la dynamo a varié seulement de 1248 à 1290 t : m, la différence de potentiel aux bornes restant de 7 volts.

On conçoit parfaitement qu'il faut à la fois la vitesse et le couple constants. Le frottement entre les deux parties de l'accouplement ayant une valeur déterminée pour chaque vitesse et qui est fonction de la différence entre la pression due aux ressorts et celle due à la force centrifuge, qui agit en sens inverse, tout changement du couple résistant se traduira par une variation de vitesse et le réglage véritable ne pourra être obtenu que si l'on fixe les deux valeurs.

Le point délicat de tous les dispositifs de ce genre, que nous retrouverons dans les deux autres du groupe, c'est que le couple restant invariable, la puissance transmise par la courroie augmente avec la vitesse et qu'au point de glissement il faut absorber la différence entre la puissance transmise et la puissance constante fournie par la dynamo, de sorte qu'avec les écarts de vitesse qu'on admet à présent, il faut prévoir des moyens de refroidissement assez énergiques, sans compter que le rendement s'abaisse notablement.

Supposons, par exemple, une dynamo devant donner normalement 100 watts et les fournissant depuis la vitesse de 1000 t : m; si son rendement est de 60 pour 100, ce qui est déjà très bien pour cette puissance, la dynamo absorbera à 1000 t : m, 167 watts, et à 6000 t : m, la courroie devra transmettre environ 1000 watts, la différence $1000 - 167 = 833$ devant être absorbée au point de glissement; il faudra donc prendre des précautions spéciales pour éviter un échauffement dangereux en ce point et enfin, considération qui n'est pas sans intérêt, le rendement tombera à 10 pour 100.

Dans la « Grada » les deux plateaux sont munis d'ailettes et placés dans une boîte venue de fonte avec la carcasse de la dynamo; le tout assure une ventilation assez énergique et qui paraît suffisante aux moyennes vitesses.

Dans « La Patineuse » la poulie A (*fig.* 1) est montée folle sur l'arbre où elle est portée par des roulements à billes. Deux sabots demi-circulaires S sont serrés sur une partie de la poulie A par des ressorts réglables R. Des goupilles E transmettent le mouvement des sabots au disque M solidaire de l'arbre de la dynamo. Un réservoir d'huile et des orifices convenables assurent le graissage des parties frottantes. Selon le serrage des ressorts R, le frottement des sabots peut être réglé de façon à produire le couple d'entraînement convenable; quand la vitesse augmente, la force centrifuge tend à diminuer la pression et le glissement se produit plus ou moins, l'intensité reste à peu près constante. Ce système ne comporte aucun dispositif de refroidissement. Le conjoncteur-disjoncteur est également à force centrifuge, il est placé à l'extrémité de l'arbre opposée à la poulie patineuse et ferme le circuit sur les accumulateurs quand la vitesse nécessaire est atteinte.

La dynamo « Toute-Blanche » (Auteroche) est à peu près semblable à la précédente dont elle diffère surtout par la forme extérieure; le régulateur de glissement comporte un graissage par graisse consistante.



· Par ce qui précède, on voit que les dispositifs à glissement dérivent du système *Stone* employé depuis longtemps pour l'éclairage des trains.

B. La dynamo Gallay, la seule de ce groupe que nous ayons rencontrée au Salon, rappelle l'ancienne dynamo « PHI » de Blériot; la force centrifuge agit sur l'excitation.

Tout ce système régulateur, rhéostat de champ et conjoncteur-disjoncteur, est porté par une boîte métallique cylindrique qui se fixe au bout de l'arbre de la dynamo; deux balais en charbon, frottant sur deux bagues, établissent les connexions de ces organes avec les circuits de la dynamo.

Le régulateur de tension se compose de huit pistons fixés radialement sur un disque et maintenus en place par des ressorts tarés de forces différentes; chaque piston

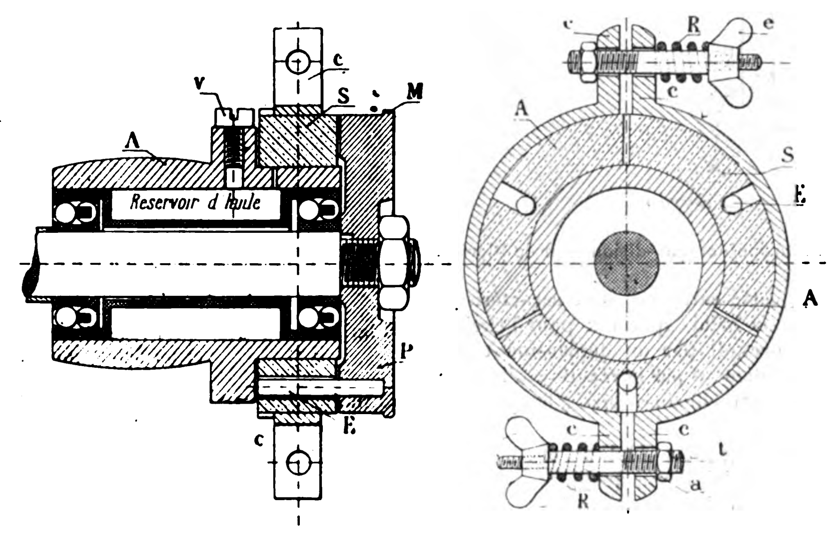


Fig. 1. — Coupes longitudinale et transversale du dispositif de glissement de la dynamo « La Patineuse ».

au repos met en court circuit une résistance intercalée en série dans le circuit shunt d'excitation. A faible vitesse toutes les résistances sont ainsi court circuitées et la bobine d'excitation est reliée directement aux balais de la dynamo. A mesure que la vitesse augmente, les pistons s'écartent successivement en introduisant dans le circuit dérivé des résistances croissantes. La dynamo fonctionne donc à *force électromotrice constante*, quelle que soit l'intensité du courant qu'on lui demande et dans les limites que lui permettent la réaction d'induit et l'hystérésis des inducteurs variable sous l'effet des trépidations inévitables. Un second disque, fixé au premier, porte le conjoncteur-disjoncteur, également à force centrifuge, de sorte que tout est réglé par la vitesse de la dynamo.

C. La nouvelle dynamo « PHI. » (Blériot) est *à intensité constante*, elle ne renferme aucun dispositif de

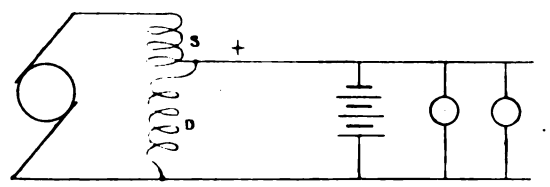


Fig. 2. — Schéma de la dynamo compound « PHI » à intensité constante.

réglage mécanique, c'est simplement une dynamo compound dont l'enroulement série est démagnétisant. Comme on le voit sur le schéma (*fig.* 2), la bobine shunt D est dérivée à la sortie de la bobine série S et de l'induit, ce qui fait que toute augmentation d'intensité dans le circuit principal tend à affaiblir le champ, à la fois par l'action démagnétisante directe de la bobine série et par l'abaissement de tension dû à la chute ohmique dans cette bobine.

La dynamo Grouvelle et Arquembourg est schématiquement semblable.

Dans ces machines il faut, naturellement, que l'enroulement shunt soit prépondérant afin qu'il n'y ait jamais renversement de l'aimantation.

Ce système comporte, comme toujours, un conjoncteur-disjoncteur et celui de Blériot est caractérisé par l'emploi d'une résistance additionnelle dans le circuit dérivé, résistance qui est introduite automatiquement dès que la tension étant suffisante, le circuit principal se trouve fermé sur les accumulateurs. L'électro (*fig.* 3) renferme deux enroulements : l'un D, en dérivation et qui sert à produire la fermeture au moment où la tension voulue est atteinte; l'autre S, en série et qui fait ouvrir le circuit en cas de renversement du sens du courant. Le rôle de la résistance supplémentaire *r* du circuit dérivé est de permettre le décollage facile de l'armature dès que la vitesse tombe au-dessous de la limite; elle amène l'intensité dans l'électro à la valeur juste nécessaire pour maintenir le collage tant que la bobine série n'agit pas en sens inverse. Au départ, l'armature, qui pivote autour du point O, ferme les contacts en 2 et le courant de la dynamo traverse directement l'électro D qui attire alors l'armature.

Quand la vitesse est suffisante, l'attraction arrive à vaincre l'effort du ressort antagoniste, les contacts 1 établissent la connexion entre la dynamo et les accumulateurs, tandis que la résistance r est introduite dans le circuit.

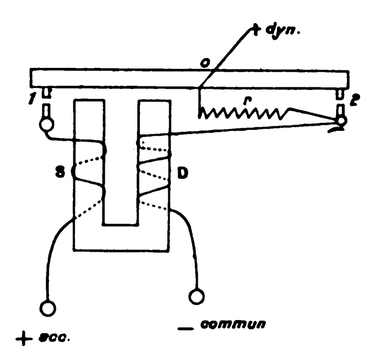


Fig. 3. — Enroulement du conjoncteur-disjoncteur de Blériot.

D. Les dynamos de cette catégorie sont caractérisées par l'emploi d'un ou deux balais spéciaux pour l'excitation, le réglage étant produit par un déplacement des balais auxiliaires, ou simplement par la réaction d'induit; cette seconde division se rattache aussi bien à la catégorie suivante qu'à celle-ci.

La dynamo « La Magicienne » (Iglésis et Regner) a déjà été décrite ici, il y a quelques années; nous rappellerons seulement son principe : les inducteurs sont portés par des coussinets à billes qui leur permettent de tourner autour de l'induit; mais la masse étant excentrée, la rotation ne se produit que si un couple s'exerce entre l'induit et les inducteurs; tout se passe comme dans les dynamos freins si employées pour les essais de moteurs. La dynamo étant mise en route et le circuit fermé, le courant engendré réagit sur les inducteurs, ceux-ci tournent autour de l'axe jusqu'à ce que le couple dû à la pesanteur, ou à un ressort, équilibre le couple électromagnétique. Les balais étant fixés invariablement par rapport au socle de la machine, l'inclinaison des inducteurs a pour effet de décaler la ligne neutre et la force électromotrice diminue à mesure que l'inclinaison augmente. Par suite, toute variation de vitesse tendant à faire varier l'intensité et le couple agit sur les inducteurs et décale relativement les balais.

Ce dispositif est abandonné depuis quelques années déjà et « La Magicienne » actuelle porte un troisième balai qui subit seul le déplacement relatif, les deux balais principaux A et B sont fixés aux inducteurs et se déplacent avec eux; on obtient ainsi une meilleure commutation. Les bobines inductrices, étant connectées entre un des balais principaux et le balai auxiliaire C (*fig.* 4), reçoivent, par suite de l'inclinaison de la carcasse de la dynamo, un courant d'autant plus faible que la vitesse est plus grande.

Les courbes de la figure 5, qui est une reproduction d'un certificat du Laboratoire central d'Électricité, montrent dans quelle mesure la constance est réalisée, tout

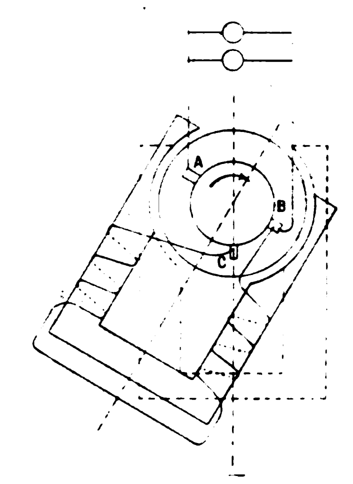


Fig. 4. — Dynamo « La Magicienne » à deux balais fixes et un balai mobile.

au moins dans des essais de laboratoire; on y voit également comment décroît le courant d'excitation et la

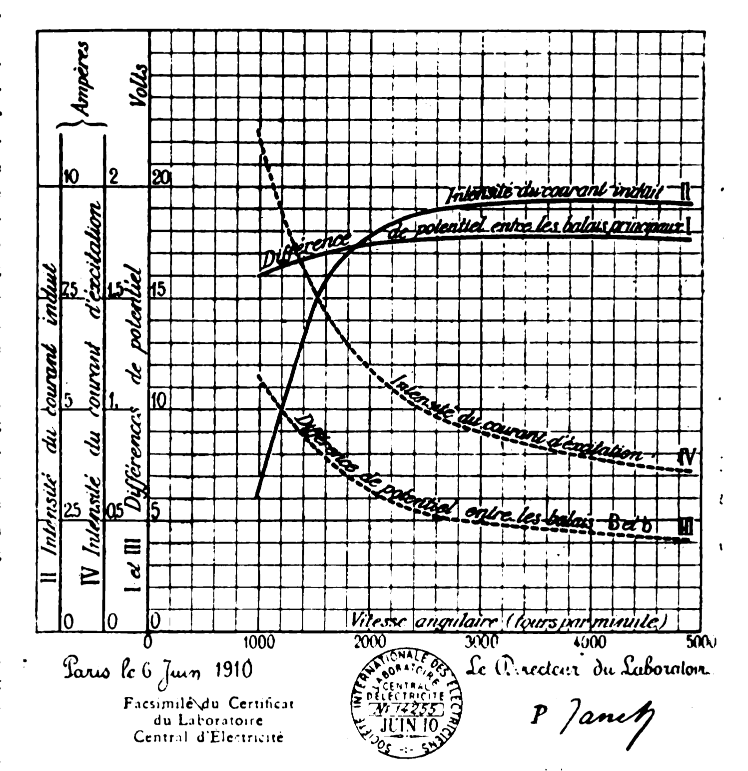


Fig. 5. — Certificat d'essais de la dynamo « La Magicienne ».

différence de potentiel entre le balai principal et le balai auxiliaire.

Schématiquement, la dynamo « Stereos » est semblable

à la précédente : les balais principaux sont invariables par rapport aux pôles, tandis que le balai auxiliaire subit un déplacement relatif. En réalité, les trois balais sont fixes et le déplacement est obtenu par une construction particulière du collecteur dont une partie est formée par des lames obliques sur l'axe, de sorte que si l'induit se déplace longitudinalement, le balai auxiliaire, qui frotte sur cette partie, se trouve décalé par rapport aux deux autres qui frottent sur le collecteur ordinaire. L'induit est libre de se mouvoir sur l'arbre auquel il n'est relié que par un guide glissant sur les rainures hélicoïdales qu'on voit sur le bout de l'arbre (*fig.* 6); un ressort pousse l'induit de manière à le visser à fond sur ces rainures. Au repos et à faible vitesse les choses sont ainsi disposées que les balais principaux sont en contact avec la bague isolante que l'on voit au milieu du collecteur; le circuit est donc coupé sans qu'il soit besoin d'un conjoncteur. Dès que la dynamo commence à tourner, le couple résistant fait avancer l'induit sur la rainure, le circuit se ferme et la machine fonctionne. A mesure que la vitesse augmente, le couple électromagnétique croissant oblige l'induit à avancer de plus en plus sur la rampe et l'excitation s'affaiblit; il s'établit ainsi, pour chaque vitesse, un état d'équilibre tel que l'intensité du courant fourni à l'extérieur reste sensiblement constante. Lorsque la vitesse descend au-dessous de la valeur qui correspond à la force électromotrice des accumulateurs, le courant est inversé, l'induit devient moteur, le couple électromagnétique changeant de sens, l'induit se revisse sur la rampe et le circuit est coupé par les balais.

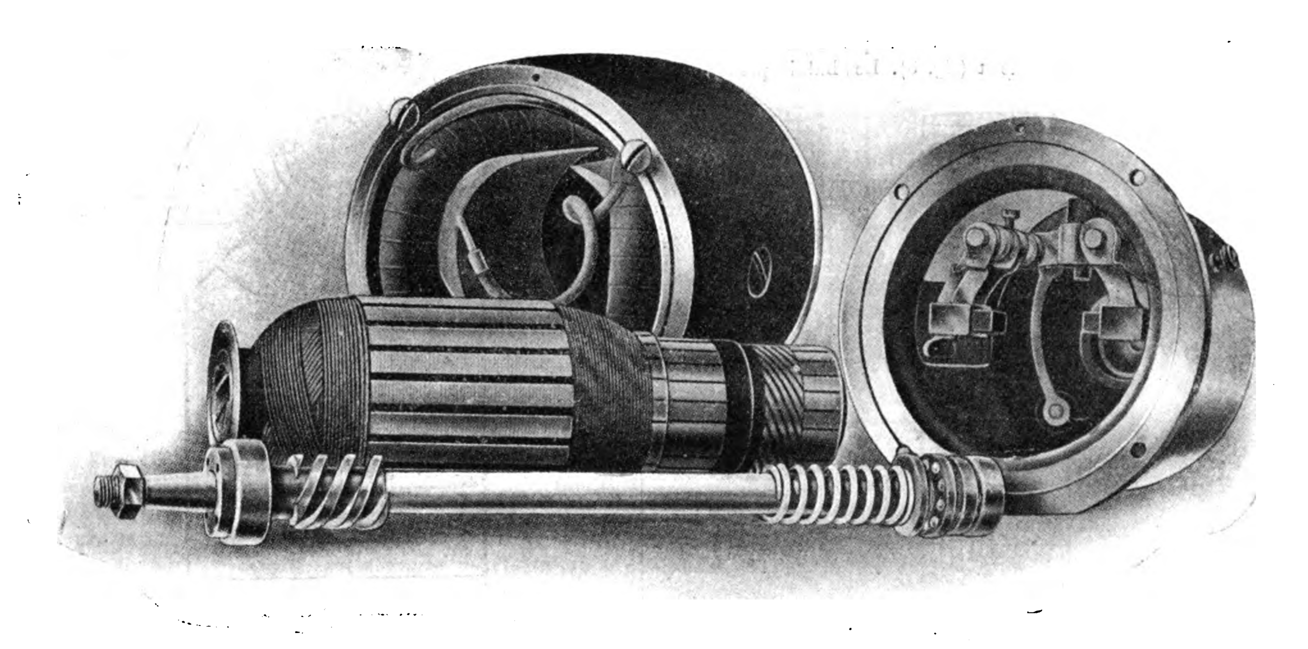


Fig. 6. — Dynamo « Stereos » à trois balais, le balai auxiliaire frottant sur des lames obliques du collecteur.

Les dynamos « B. R. C. » et Ducellier sont assez semblables entre elles et se réduisent schématiquement à ceci : les deux balais principaux A, B (*fig.* 7) sont calés sur la ligne neutre et l'excitation est prise entre le balai B et le balai auxiliaire C convenablement décalé par rapport à A. La dynamo étant toujours fermée sur les accumulateurs, le courant fourni est à peu près constant et, sous l'effet de la réaction d'induit, la différence de potentiel aux bornes des inducteurs s'abaisse quand la vitesse augmente.

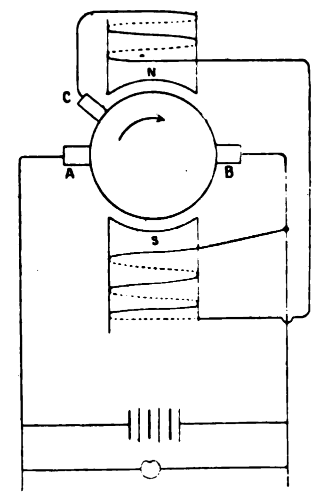


Fig. 7. — Dynamos « B. R. C. » et Ducellier à trois balais, le balai mobile servant à prendre l'excitation.

Étant donnée la position des balais par rapport au mouvement, il semble bien que l'effet principal soit produit

par la section mise en court circuit par les balais A et B, ce courant de court circuit étant d'autant plus intense que la vitesse est plus grande et ayant pour résultat de ramener le flux maximum vers l'axe des pôles, tandis que le courant extérieur restant constant tend à reporter ce maximum dans le sens du mouvement.

Enfin, dans la dynamo « La Française » (La Française électrique), le courant d'excitation est pris sur deux balais symétriques faisant avec les balais principaux un angle déterminé empiriquement (*fig.* 8). Les balais principaux

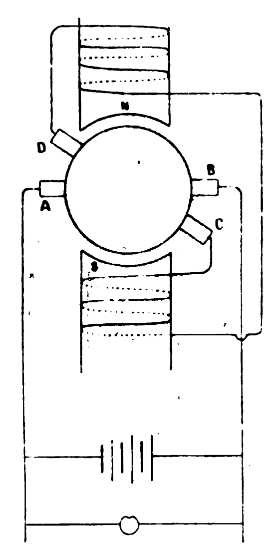


Fig. 8. — Dynamo « La Française » à 4 balais dont 2 pour l'excitation.

sont calés dans la ligne neutre, la rotation peut donc se faire dans un sens ou dans l'autre, mais il faut naturellement inverser les balais auxiliaires.

E. Dans la dynamo « C. A. V. » (brevets Midgley et C.-A. Vandervell, Glaenzer et Cie), le réglage est obtenu uniquement par la réaction d'induit renforcée par la position particulière des balais. Comme l'indique la figure schématique 9, la carcasse inductrice porte quatre pôles dont deux seulement sont recouverts d'un enroulement; c'est une dynamo shunt bipolaire avec deux pôles auxiliaires N_1 et S_1. Contrairement à ce qui se fait d'ordinaire dans les dynamos, les balais ne sont pas calés de façon à rencontrer les sections à leur passage sur la ligne neutre : ils sont larges et mettent en court circuit les spires qui sont dans la zone d'action maximum; sur la figure 9, ce sont les spires représentées par des points noirs qui sont sous les balais.

Ceci étant, voici à peu près comment les choses se passent : la force électromotrice engendrée dans les spires en court circuit est, pour une valeur constante de l'excitation, proportionnelle à la vitesse de rotation; par suite, quand les sections viennent successivement sous les balais, il se produit un courant de court circuit dont l'intensité augmente avec la vitesse. Le flux résultant de ce courant est, dans la figure, perpendiculaire au flux des inducteurs N, S ; il se produit donc une distorsion du champ d'autant plus grande que la vitesse est elle-même plus grande et la force électromotrice engendrée dans l'induit reste à peu près constante.

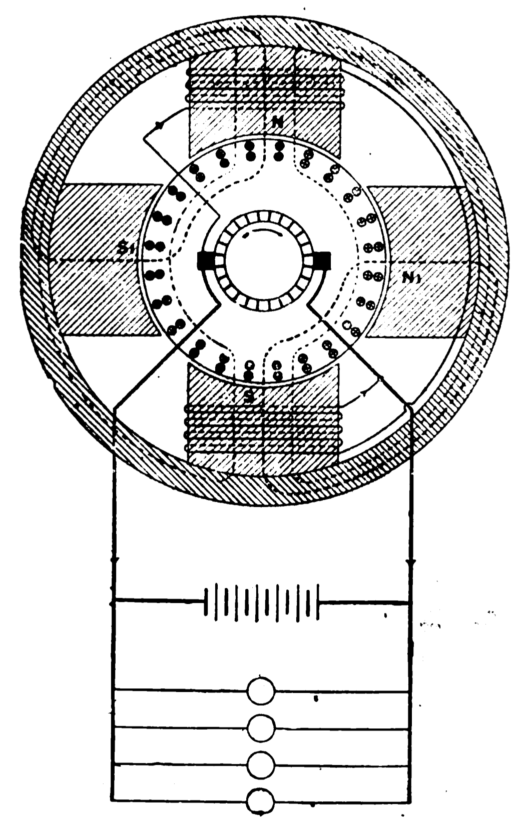


Fig. 9. — Dynamo « C. A. V. » à réglage par réaction d'induit renforcée.

En réalité, les balais se sont pas calés à 90° des pôles principaux N, S et leur calage est déterminé empiriquement pour obtenir la meilleure régulation avec le minimum d'étincelles aux balais. Le point délicat de ce système c'est évidemment la commutation et l'on peut se demander comment se comportent balais et commutateur. Il paraît que l'enroulement de l'induit est à pas réduit (120° par bobine) afin d'améliorer le fonctionnement des balais.

La dynamo « C. A. V. » fournit un courant pratiquement constant de 1500 à 4000 t : m et commence à débiter vers 500 t : m.

Afin d'éviter l'emploi d'un conjoncteur-disjoncteur quand le moteur tourne au-dessous de sa vitesse, la poulie de commande de la dynamo est montée en *roue libre :* la courroie entraîne l'induit quand la vitesse est suffisante et, si elle tombe au-dessous de la limite, les accumulateurs envoient du courant dans l'induit qui agit alors en moteur pour reprendre sa vitesse normale. Le courant ainsi fourni par les accumulateurs est très faible puisque l'induit n'a à vaincre que la résistance de l'encliquetage de la roue libre et que celui-ci agit seulement pour la différence de vitesse de la courroie et de l'induit.

La dynamo Brolt (Besnard, Maris et Antoine) est

munie de quatre balais réunis deux à deux, dont le but paraît être d'augmenter le nombre des sections mises en court circuit. Là encore la réaction d'induit produit l'effet principal (*fig.* 10).

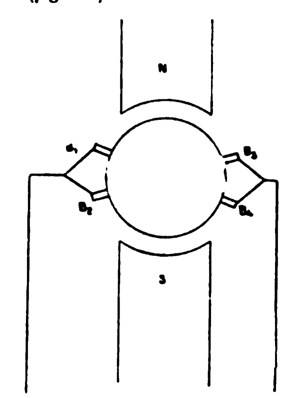


Fig. 10. — Dynamo Brolt à 4 balais et réglage par réaction d'induit.

F. Les deux dynamos à réglage de champ dont nous allons parler sont très différentes quant aux résultats : dans l'une (Eyquem), la force électromotrice constante est obtenue indépendamment du courant extérieur, tandis que l'autre, « PHAR », travaille toujours sur accumulateurs et à intensité à peu près invariable.

La dynamo Eyquem de cette année diffère notablement de celle qu'on connaissait et qui était une des premières réalisées pratiquement. On se rappelle que ce système résolvait le problème presque dans toute sa généralité : maintenir la force électromotrice constante quelle que soit la vitesse du moteur; dans ce but, un régulateur à force centrifuge agissait sur la manette d'un rhéostat de champ de façon à introduire des résistances dans le circuit dérivé quand la vitesse augmentait.

Le dispositif actuel comporte simplement un relais vibrant qui coupe et rétablit le circuit inducteur rapidement de façon à faire varier l'intensité *moyenne* du courant d'excitation.

La nouvelle dynamo Eyquem n'a rien de particulier, c'est une dynamo shunt à pôles feuilletés. Tout le réglage est fait par le relais qui peut se placer soit sur la dynamo, soit sur le devant de la voiture, sous la main du conducteur.

Le relais (*fig.* 11) se compose d'un électro dont le noyau est formé par une lame de fer portant une masse de fer M et un contact en charbon. Une vis en fer V peut être approchée plus ou moins de la palette M de façon à faire varier l'attraction magnétique. Un contact de charbon fixe est placé en face du contact mobile. L'électro est enroulé en fil fin et agit comme un voltmètre : lorsque la différence de potentiel aux bornes atteint la valeur qui correspond à la distance entre la palette et la vis V, la palette est attirée et coupe le circuit d'excitation de la dynamo, la force électromotrice baisse alors, le contact se referme et ainsi de suite; le réglage s'obtient par un mouvement vibratoire plus ou moins rapide qui doit entretenir entre les contacts de charbon un petit arc de résistance variable. Enfin, pour compléter l'action du relais, un contact inférieur ferme le circuit principal seulement quand la tension voulue est atteinte.

Ce dispositif fonctionne avec ou sans accumulateurs.

Il semble que l'usure des contacts en charbon doit être assez rapide, mais il faut reconnaître que leur disposition permet de les changer rapidement et, de plus, leur situation au milieu de l'électro doit produire un soufflage magnétique de l'étincelle. Le courant d'excitation n'est

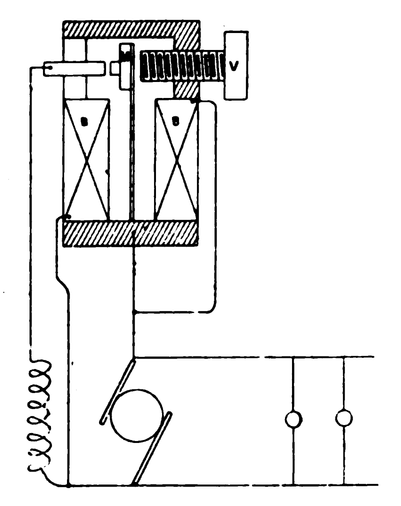


Fig. 11. — Relais de la dynamo Eyquem.

pas continu, mais assez fortement ondulé et l'on peut craindre un échauffement important des inducteurs; les pôles feuilletés évitent les courants de Foucault qui ne manqueraient pas de se produire dans des pôles pleins. Enfin, on peut se demander si, pour la même cause, un courant ondulatoire ne peut pas se superposer au courant continu engendré par l'induit et s'il ne se produit pas là le fait que nous avons constaté dans des essais de systèmes analogues, où la différence d'éclat des lampes était considérable entre la faible et la grande vitesse, le voltmètre continuant à indiquer la même tension : la tension *moyenne* restait invariable, mais la tension *efficace* augmentait.

La dynamo « PHAR » (Barrie et Delamour) est également une dynamo shunt ordinaire, elle a quatre pôles, et le réglage est fait par un conjoncteur-disjoncteur indépendant qui ferme le circuit dès que la vitesse est telle que la tension est suffisante et, ensuite, introduit une résistance dans le circuit d'excitation quand la vitesse est telle que l'intensité dépasse 15 ampères dans le circuit extérieur. Le conjoncteur ne semble pas agir par vibration, il n'y a donc que deux valeurs de la résistance du circuit d'excitation et l'intensité doit varier avec la vitesse, mais il faut bien se rappeler, comme nous l'avons déjà dit, que toutes ces dynamos qui marchent avec un champ très réduit doivent avoir une forte réaction d'induit et que c'est probablement là la cause réelle du réglage obtenu. La dynamo « PHAR » donne normalement 12 volts et 15 ampères à 2000 t : m, mais elle commence à débiter utilement depuis 1200 t : m.

G. La propriété bien connue des alternateurs de donner

une intensité indépendante de la vitesse dès que celle-ci est telle que la résistance ohmique peut être négligée devant l'inductance a donné lieu déjà à diverses tentatives pour l'éclairage des voitures et chemins de fer, nous en trouvons encore deux exemples cette année.

La « Lutèce » est en réalité une magnéto à huit pôles disposée pour fournir une intensité d'environ 0,8 ampère sous des tensions variables jusqu'à 110 volts; elle donne une puissance maximum de 88 watts et permet d'alimenter des lampes de différentes puissances pourvu que l'intensité totale soit toujour de 0,8 ampère et que la différence de potentiel totale ne dépasse pas 110 volts. Le courant est alternatif et il n'est pas question de charger des accumulateurs. Les inducteurs sont formés par quatre aimants en U qui tournent devant des bobines fixes.

La dynamo Becker [1] utilise la même propriété : ωL très grand devant R, mais le courant qu'elle donne est *redressé*, de sorte que l'on peut charger des accumulateurs et s'en servir comme tampon; les inducteurs sont en dérivation et l'induit est un simple double T de Siemens. La caractéristique du système se trouve dans le collecteur. Au lieu de former celui-ci de deux coquilles séparées de façon à redresser simplement le courant, l'inventeur a eu l'idée de séparer les coquilles par des segments isolés afin de n'établir la communication entre l'induit et les accumulateurs que quand la force électromotrice instantanée est égale à celle des accumulateurs. Grâce à cet artifice le renversement de courant que l'on observe toujours avec les machines à courant redressé est évité et l'on n'a pas à craindre l'échauffement considérable et les actions parasites qui résultent de la différence entre l'intensité *efficace* et l'intensité *moyenne* seule utile dans la circonstance.

H. La dynamo « Farelec » (Magasins généraux de l'équipement automobile) obtient le réglage de l'intensité par un électro mobile qui agit à la fois comme conjoncteur-disjoncteur et comme shunt magnétique. La pièce principale est une bobine B (*fig.* 12), dont le noyau et les joues sont en fer; l'enroulement est en série dans le circuit principal. Quand la dynamo tourne à une vitesse suffisante l'aimantation des pièces polaires agit sur l'électro et l'attire; ce mouvement ferme le circuit principal, la dynamo envoie du courant aux lampes ou accumulateurs. A mesure que la vitesse augmente, l'intensité tend à augmenter, mais alors l'enroulement série de l'électro B

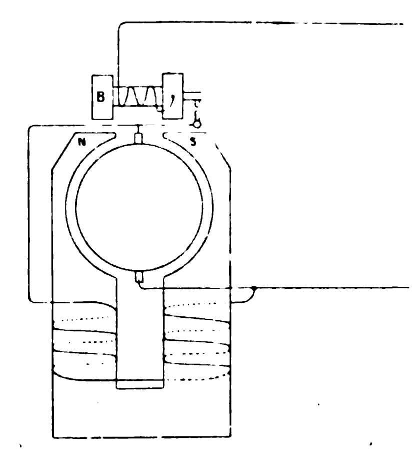
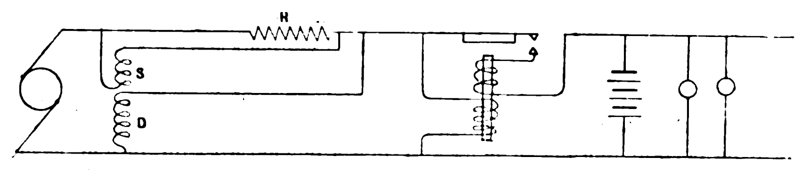


Fig. 12. — Dynamo « Farelec » à réglage de l'intensité par électro-aimant mobile.

diminue la réluctance du shunt magnétique qui dérive une partie de plus en plus importante du flux total des inducteurs. Cette action, qui est celle qu'indique le constructeur, est-elle bien réelle? nous ne l'affirmerions pas; il est probable que là encore la distorsion du champ fait beaucoup plus pour le réglage que le shunt magnétique. Quoiqu'il en soit, cette dynamo est annoncée comme donnant une intensité constante entre 1300 et 3500 t:m. Il est possible qu'avec les perfectionnements que l'expérience indiquera, cette dynamo conduise à une solution satisfaisante.

I. La dynamo « Rushmore » (brevet français 433279) présente une combinaison intéressante du compoundage démagnétisant et des propriétés des résistances en fer. Le schéma (*fig.* 13) permet de comprendre le fonctionnement.



Fir. 13. — Schéma de la dynamo Rushmore.

La dynamo renferme un enroulement shunt D placé aux bornes du circuit extérieur, avant le conjoncteur-disjoncteur. L'induit est en série avec la résistance en fer à intensité constante R et l'enroulement démagnétisant S est en dérivation sur cette résistance. Il est facile de voir comment les choses se passent : à la vitesse convenable, le conjoncteur se ferme sous l'action du circuit dérivé et la dynamo débite. Quand l'intensité normale est atteinte, la tension augmente aux bornes de la résistance en fer et, par suite, de l'enroulement démagnétisant. Il résulte de ceci un affaiblissement du champ proportionnel à la vitesse et la tension utile reste presque constante. Sous une autre forme nous retrouvons là le défaut que nous signalions pour les dynamos à glissement, la puissance engendrée croît avec la vitesse, le rendement s'abaisse notablement.

Nous ne pouvons malheureusement parler des six autres dynamos exposées et sur lesquelles nous n'avons

[1] Brevet français 417 566 et brevet allemand 233 092.

pu obtenir que des renseignements trop insuffisants au point de vue technique.

A côté des dispositifs électriques, il est intéressant de signaler quelques points des agencements mécaniques proposés pour ces dynamos. Là également une évolution se fait : au lieu de considérer la dynamo comme un accessoire indépendant, quelques constructeurs en font une dépendance directe du moteur et lui préparent une place dans le bâti au même titre que la pompe à huile, la magnéto, etc. La dynamo Renault est ainsi disposée et nous avons vu chez plusieurs autres constructeurs l'emplacement préparé pour une dynamo quelconque.

La dynamo « C. A. V. » est commandée par une courroie chaîne formée de maillons alternés cuir et acier qui passent dans la gorge trapézoïdale de la roue libre dont nous avons parlé.

La dynamo Gallay est munie d'un galet en fibre dont la surface extérieure porte des rainures dans lesquelles s'engagent les rainures correspondantes d'une roue de bronze fixée au cardan du moteur.

A côté de ces dispositions spéciales les constructeurs semblent avoir, en général, des préférences pour l'entraînement, latéral ou tangentiel, par friction sur le volant; quelques-uns seulement conservent la courroie, avec ou sans tendeurs spéciaux.

Comme on le voit par cet exposé sommaire, la dynamo d'éclairage tend à prendre une place de plus en plus grande et à devenir un accessoire indispensable de l'automobile. Devant le nombre de modèles exposés cette année il faut s'attendre à en voir encore plus prochainement et peut-être en sortira-t-il une solution réellement nouvelle et pouvant même dépasser le cadre des applications prévues tout d'abord.

H. ARMAGNAT.

LAMPES A MERCURE.

Nouvelle lampe à mercure pour réseaux alternatifs.

La découverte la plus importante de Cooper Hewitt est celle qui se rapporte à l'unipolarité de l'arc au mercure. De nombreuses recherches, celles de Stark en particulier, ont permis de préciser le mécanisme de ce phénomène. L'explication peut en être résumée comme suit : dans tout arc le rôle essentiel est joué par la cathode, qui projette des électrons négatifs. Cette projection d'électrons (électrovaporisation de la cathode) est indispensable pour assurer la persistance de la décharge par arc. Le rôle de l'anode est secondaire, sa nature n'exerce aucune influence sur la marche de l'arc, au moins tant que l'anode ne peut émettre de vapeurs. Dans les tubes Cooper Hewitt, l'anode est en fer; dans les ampoules de convertisseurs, les anodes sont en charbon, la cathode est toujours constituée par du mercure pur.

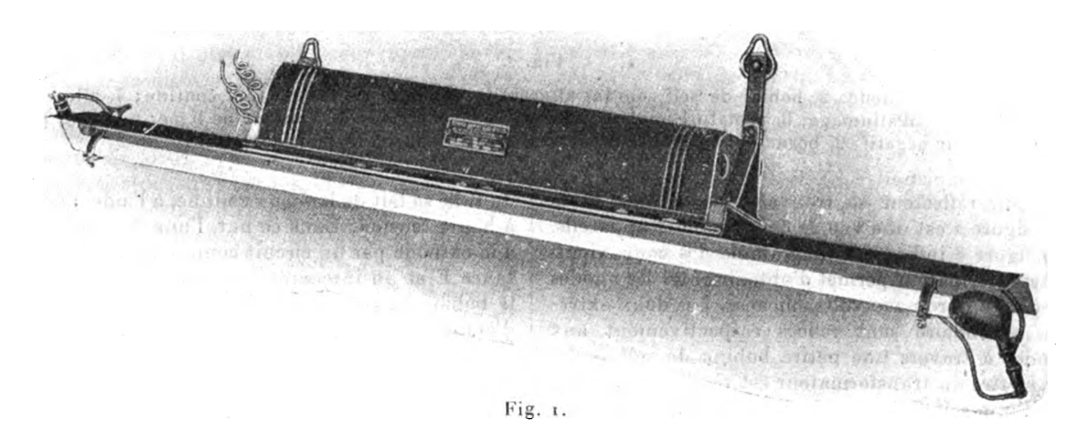


Fig. 1.

Supposons qu'il s'agisse par exemple d'une ampoule de convertisseur. Dès l'instant que la cathode est maintenue d'une façon quelconque en état d'électrovaporisation (température élevée, arc auxiliaire, etc.), une différence de potentiel faible suffit pour amorcer un arc entre le mercure et le charbon qui se trouve à un potentiel plus élevé (anode opérante). Cet arc peut conduire un courant quelconque, plusieurs dizaines d'ampères par exemple, la chute de tension dans l'arc, qui dépend de sa longueur et de sa section, étant généralement de 10 à 15 volts dans les ampoules. Au contraire, le courant qui passe du mercure au charbon qui se trouve à un potentiel moins élevé (anode inopérante) ou encore d'une électrode à l'autre, est pratiquement nul (inférieur à 10^{-3} ampère). Les deux tensions, anode opérante, anode inopérante d'une part, et anode inopérante, cathode, d'autre part, peuvent atteindre plusieurs milliers de volts (alimentation de lampes à arc en série). L'arc au mercure se comporte donc, en général, comme une soupape idéale [1].

[1] Cet effet n'est pas particulier au mercure. Dans des recherches antérieures à celles de Cooper Hewitt sur l'arc alternatif entre charbon et métaux (*Revue générale des Sciences*, 1901, p. 659), M. Blondel a signalé un effet de soupape entièrement analogue à celui utilisé par Cooper Hewitt dans la construction de son convertisseur. Un arc alternatif étant amorcé dans certaines conditions entre une électrode de cuivre et une électrode de charbon, on constate qu'*aucun* courant ne passe dans le sens charbon-



Ce fait devait avoir deux conséquences importantes :

1° La possibilité de construire avec un arc à mercure un redresseur de courant (convertisseur).

2° Réciproquement, l'impossibilité de faire fonctionner un tube Cooper Hewitt, en cherchant à l'alimenter directement par courant alternatif.

Cette dernière difficulté a été tournée depuis longtemps de la façon connue : les tubes sont alimentés par du courant redressé fourni par un convertisseur à vapeur de mercure. La Westinghouse Cooper Hewitt Co construit, par exemple, pour l'éclairage une série de huit lampes de 500 bougies alimentées par le courant redressé d'un convertisseur 3,5 ampères, 500 volts.

Des essais avaient été entrepris pour trouver une autre solution : se servir directement de la lampe comme convertisseur; c'est une lampe basée sur ce principe qui vient d'être mise récemment sur le marché.

La lampe n'est autre qu'un convertisseur, disposé de façon que la consommation ait lieu principalement dans le tube à mercure. La figure 1 représente une vue extérieure de la lampe. Le tube est accroché sous le réflecteur. Les deux anodes sont en fer, la cathode en mercure.

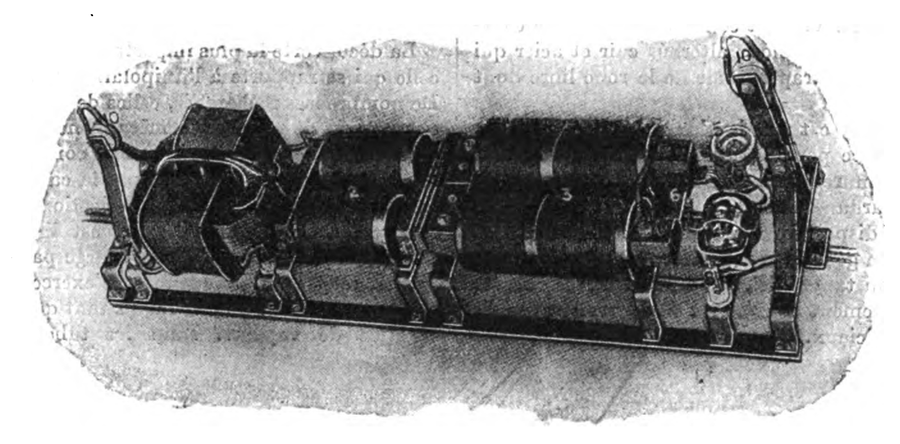


Fig. 2.

1, autotransformateur; 2, bobine de self courant alternatif; 3, bobine de self courant continu; 4, allumeur; 5, résistance d'allumage; 6, armature mobile; 7, borne pour l'arrivée du courant de ligne; 8, borne pour conducteur négatif; 9, borne pour conducteur du collier d'allumage; 10, anneaux isolés.

Au-dessus du réflecteur se trouvent les organes de la lampe; la figure 2 est une vue de ces différents appareils. Enfin, la figure 3 indique le diagramme des connexions. Un autotransformateur permet d'obtenir entre les anodes une tension d'environ 220 volts efficaces. Les deux extrémités du secondaire sont reliées respectivement aux deux anodes à travers une petite bobine de self B [1]. Le point neutre du transformateur est réuni, par l'intermédiaire d'une self D à la cathode du tube. L'allumage du tube se fait de la façon connue, à l'aide d'une étincelle à haute tension. Dans ce but, l'une des anodes est reliée à la cathode par un circuit comprenant une grande résistance E et un interrupteur à mercure F manœuvré par la bobine D. L'ampoule négative est entourée de papier d'étain qui forme une des armatures d'un condensateur, dont le mercure constitue l'autre armature. Le papier d'étain est relié à l'anode sur laquelle est branché le circuit d'allumage.

Quand la tension est mise aux bornes de la lampe (pri-

métal; le charbon étant seul maintenu (probablement à cause de sa mauvaise conductibilité calorifique) en état d'électrovaporisation, c'est-à-dire étant seul capable d'émettre des électrons négatifs. Il est, d'ailleurs, certain que le fonctionnement de l'arc au mercure et du convertisseur à vapeur de mercure sont grandement facilités par la mauvaise conductibilité du mercure, le plus mauvais conducteur de tous les métaux usuels. L'emploi du mercure a, de plus, l'avantage énorme de permettre à chaque instant la régénération de la cathode.

(1) Nous avons dit que l'arc au mercure était généralement une soupape idéale. Cependant, il se produit de temps en temps, dans les installations de convertisseurs, un accident (court circuit, Ruckzündung) qui cause souvent la destruction de l'ampoule et qui est dû au passage d'un très fort courant dans l'une au moins des deux directions citées plus haut; cathode-anode inopérante, anode inopérante anode opérante. On se rend facilement compte que, si pour une raison quelconque, un courant passe dans l'une de ces deux directions, le transformateur débite sur un circuit sans résistance, le courant peut prendre une valeur extrêmement élevée. Les causes d'établissement de cette décharge sont assez mal connues jusqu'ici; nous espérons revenir sur ce sujet dans une prochaine publication. La pratique a montré que, grâce à des modifications assez simples des appareils, cet accident pouvait être évité. Pour limiter la valeur du courant qui peut éventuellement passer dans les deux directions en question, on place assez généralement entre la sortie du transformateur et l'anode une bobine de self. C'est le rôle dans le cas présent de la bobine B.

maire du transformateur), l'interrupteur F est fermé; un courant alternatif parcourt le circuit CABEFDA. L'interrupteur F s'ouvre et les bobines B et D se déchargent dans le tube, produisant l'allumage de celui-ci. Comme l'interruption du courant doit avoir lieu en un point déterminé de la courbe du courant primaire, l'allumage exige quelquefois plusieurs basculements de l'interrupteur. Aussitôt l'allumage effectué, la lampe fonctionne comme un convertisseur qui débiterait sur la bobine de self-induction D.

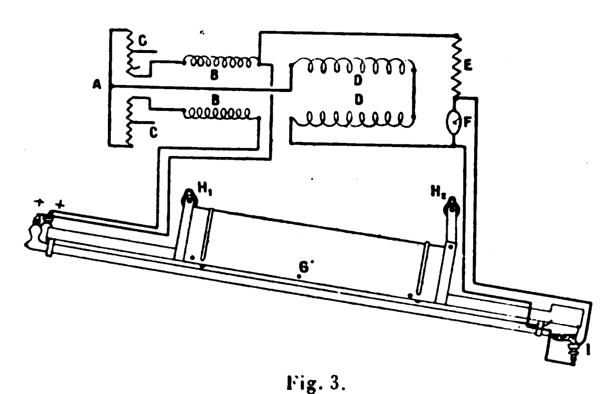


Fig. 3.

Le courant continu est réglé à 3,5 ampères. La lampe consomme, dans ces conditions, 450 watts et donne 1250 bougies. La lampe peut être établie pour toute tension primaire et toute fréquence; il suffit de calculer convenablement le transformateur, tous les autres organes (tube, self pour courant continu, allumeur, etc.) restant les mêmes. Toutefois, deux types courants sont construits pour les voltages alternatifs voisins de 110 et 220 volts.

L'apparition de cette lampe répond à un besoin réel : celui d'une lampe se branchant directement en dérivation sur les voltages alternatifs usuels. La construction montre l'assez grande souplesse de l'éclairage au mercure qui, bien que fonctionnant seulement en principe sur courant continu, a réussi à s'adapter aux circuits alternatifs.

E. Darmois.

CHAUFFAGE.

Emploi des résistances de chrome métallique granulaire pour le chauffage électrique.

M. O. Dony-Henault dans une communication à l'Académie des Sciences [1] vient de faire connaître une méthode nouvelle de chauffage électrique permettant d'éviter l'usage dispendieux du platine dans les fours à résistance métallique et d'atteindre des températures plus élevées qu'à l'aide de ce métal précieux.

Le chrome est, en effet, moins fusible que le platine et très peu altérable; tandis que ce dernier ne peut être échauffé sans danger au delà de 1600°, le chrome paraît pouvoir fournir des températures voisines de 2000°, mais l'absence de malléabilité et de ductilité de ce métal, qui rend impossible l'emploi de lames ou de fils, en a fait rejeter l'emploi dans la construction de fours à bobines chauffantes.

M. Dony-Henault a cherché à utiliser les propriétés réfractaires du chrome en le prenant sous forme de petits fragments obtenus au broyeur à boulets. Mais comme les poudres métalliques présentent tout d'abord une résistance énorme au passage du courant, il fallait trouver un moyen d'amorcer ce passage. Tout d'abord, M. Dony-Henault songea à produire cet amorçage par une décharge à distance, comme dans les cohéreurs à limailles. Il fit ensuite quelques expériences qui lui montrèrent qu'il suffisait de saupoudrer la grenaille de graphite Acheson pour amorcer le courant avec une différence de potentiel ordinaire, et c'est à ce mode d'amorçage, vraisemblablement dû à l'échauffement produit par le courant traversant le graphite, qu'il s'est pratiquement arrêté.

Comme exemple de la façon d'effectuer le chauffage, M. Dony-Henault indique les trois cas suivants :

1° *Chauffage d'un creuset* (de quartz par exemple). — Dans un bloc réfractaire de magnésie, on creuse un alvéole ayant la forme du creuset; on y place celui-ci en ménageant un espace régulier de 2 à 4 mm entre les deux parois, puis on comble le vide à l'aide d'un filet de chrome pulvérulent.

On dépose finalement à la surface de celui-ci un anneau de graphite et l'on enfonce dans le métal, aux extrémités opposées d'un diamètre du creuset, deux balais de charbon. Un creuset de 100 cm³ peut être chauffé ainsi très efficacement avec 15 ampères, jusqu'au point de ramollissement du verre de quartz. La tension aux bornes du courant est de 8 à 10 volts, mais la conduction ne s'établit pas si l'on ne dispose pas d'un excès de tension.

2° *Fours à tubes.* — On verse, entre un manchon réfractaire pourvu d'une cavité cylindrique et un tube de quartz opalin ou encore entre deux tubes de quartz concentriques de diamètres différents, le tube externe étant à son tour placé dans un bloc calorifuge, une couche de grenaille de chrome qu'on emprisonne entre deux anneaux de charbon servant d'électrodes. Un four de 50 cm de long et d'un diamètre utile de 28 mm a été ainsi chauffé au blanc avec une force électromotrice de 15 à 50 volts aux bornes du tube.

3° On peut aussi construire un four tubulaire à espace annulaire en plaçant dans l'axe du tube ou d'une cavité cylindrique un tube de quartz assez étroit rempli de grenaille de chrome insérée entre charbons; les pertes calorifiques sont encore plus faibles, la chaleur centrale étant transmise à peu près intégralement à l'espace périphérique. Le tube chauffant est soutenu par deux bouchons réfractaires; cette disposition paraît convenir pour l'étude des réactions au sein des gaz.

L'expérimentateur s'en est tenu jusqu'ici aux enceintes de quartz opalin qui perdent leur rigidité au voisinage de 1700° et il se propose d'étudier l'emploi d'*alundum* et d'autres enveloppes moins fusibles, magnésie, chaux, etc. Il paraît, en effet, possible, en appliquant à des parois infusibles le chauffage par métaux réfractaires divisés (molybdène, point de fusion supérieur à 2500°, tungstène 2900°) de réaliser un chauffage économique intensif jusqu'à des températures très élevées.

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 6 janvier 1913, p. 66 à 68.

VARIÉTÉS.

MACHINES A GRANDE VITESSE ANGULAIRE.

Sur la réalisation des grandes vitesses angulaires (1) (*suite*).

III. Équilibreurs automatiques. — *Genèse de ces appareils.* — Considérons un rotor de masse m, ayant un axe de figure xy, libre de choisir son axe de rotation. La force centrifuge ne produira aucune réaction sur ses points d'appui.

Il faut l'empêcher de sauter, alors qu'on ne peut l'équilibrer parfaitement.

Nous avons d'abord pensé à lui adjoindre un volant de masse M très grande par rapport à la sienne, qu'on aurait pu équilibrer presque parfaitement, autour de l'axe de figure xy, à cause de la simplicité de ses formes. On l'aurait calé de manière que son centre de gravité Γ et le centre de gravité G du rotor primaire fussent dans un même plan perpendiculaire à l'axe xy.

La figure 9 est tracée sur ce plan. Le point Γ se confond avec la trace de l'axe de figure xy. Le centre de gravité

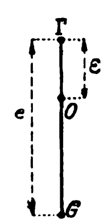


Fig. 9.

commun O du volant et du rotor se trouve sur la droite ΓG. Si le système est complètement libre, le point O est en même temps la trace de l'axe réel de rotation OO'.

Désignons par e l'excentricité du centre de gravité G du rotor, par rapport à son axe de figure ($e = \Gamma G$), et par ε la distance ΓO du point Γ à l'axe réel de rotation.

Nous avons :

$$M\varepsilon = m(e - \varepsilon),$$

d'où

$$\varepsilon = \frac{m}{M + m} e.$$

Donc, en rendant suffisamment grande la masse M, nous pouvons diminuer, autant que nous voulons, la distance de l'axe de figure xy à l'axe réel de rotation OO'.

Si la vitesse angulaire est Ω, la force F développée au point Γ a pour expression

$$F = \Omega^2 M\varepsilon = \frac{Mm}{M + m}\Omega^2 e.$$

Si l'on fait tourner ce volant autour d'un axe OO' incliné d'un angle $\varkappa$ sur son axe de figure xy : en même temps qu'une force F est exercée sur son centre de gravité, il y a production d'un couple $\Phi\lambda$, nul pour $\varkappa = 0$, mais croissant avec cet angle. Ce couple tend à faire tourner l'axe de figure xy, de manière à le rendre parallèle à l'axe réel de rotation OO' (*fig.* 10).

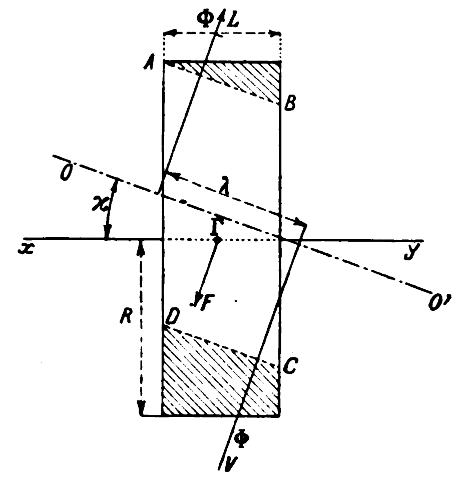


Fig. 10.

L'adjonction d'un volant parfaitement équilibré à un rotor qui l'est mal, permet de rapprocher l'axe de figure du système de l'axe réel de rotation et de diminuer l'angle de ces deux axes, d'autant plus que la masse du volant est plus grande.

On pourrait donc rendre insensibles les sauts d'un rotor mal équilibré, en lui adjoignant un volant parfaitement équilibré de masse suffisante.

Mais, en admettant qu'il soit possible d'équilibrer parfaitement un volant, il serait dangereux de lui donner une grande masse, car, aux vitesses périphériques qu'il devrait acquérir, ce serait un obus en cage redoutable. C'est pourquoi nous ne nous sommes pas arrêtés à cette solution.

Conservons provisoirement le volant et supposons-le constitué par un disque homogène, limité par un cylindre de révolution, autour de l'axe xy, et de rayon R, puis par deux plans normaux à cet axe, situés à la distance L l'un de l'autre.

Concevons un cylindre de révolution autour de l'axe OO', passant à l'intérieur du volant, mais tangent à l'une de ses arêtes (*fig.* 10). Ce cylindre et le volant ont un solide

(1) Maurice Leblanc, *Bulletin de l'Association technique maritime*, n° 23, Session de 1912. Pour la première Partie de ce travail, voir *La Revue électrique*, t. XIX, 17 janvier 1913, p. 87 à 94.

commun, dont la section est représentée en ABCD, sur la figure.

Ce solide commun a son centre de gravité sur l'axe OO'. Donc il est parfaitement équilibré autour de l'axe de rotation et nous pouvons l'enlever sans diminuer en rien la force F, qui tend à réduire la distance des axes xy et OO'.

En revanche, la suppression du solide commun diminue beaucoup le couple de redressement $\Phi\lambda$.

Ne demandons au volant que de remplir la première fonction. Nous pouvons creuser son intérieur et ne laisser subsister que la couronne excentrée, dont la section est couverte de hachures sur la figure 10.

La masse restante μ est très petite par rapport à la masse M, parce que l'excentricité e et l'angle α sont toujours très petits en pratique. Elle suffit pour produire la même force de rappel F que le volant primitif. C'est une *masse additionnelle* d'équilibrage.

Mais, pour qu'elle produise l'effet voulu, il faut qu'elle soit répartie d'une certaine manière le long de la surface extérieure du volant.

Or, remarquons qu'elle est limitée, du côté de l'intérieur, par une *surface de niveau*. Donc, si c'était une masse liquide, du mercure par exemple, contenue dans un solide creux, de révolution autour de l'axe de figure xy, elle se répartirait d'elle-même, comme il le faudrait, le long des parois de ce canal, sous l'influence des forces d'inertie développées par sa rotation.

Nous arrivons ainsi à la conception de l'équilibreur automatique.

Sur un arbre ayant un axe de figure xy (*fig.* 11), nous calons un petit volant F, dont la jante est serrée par une

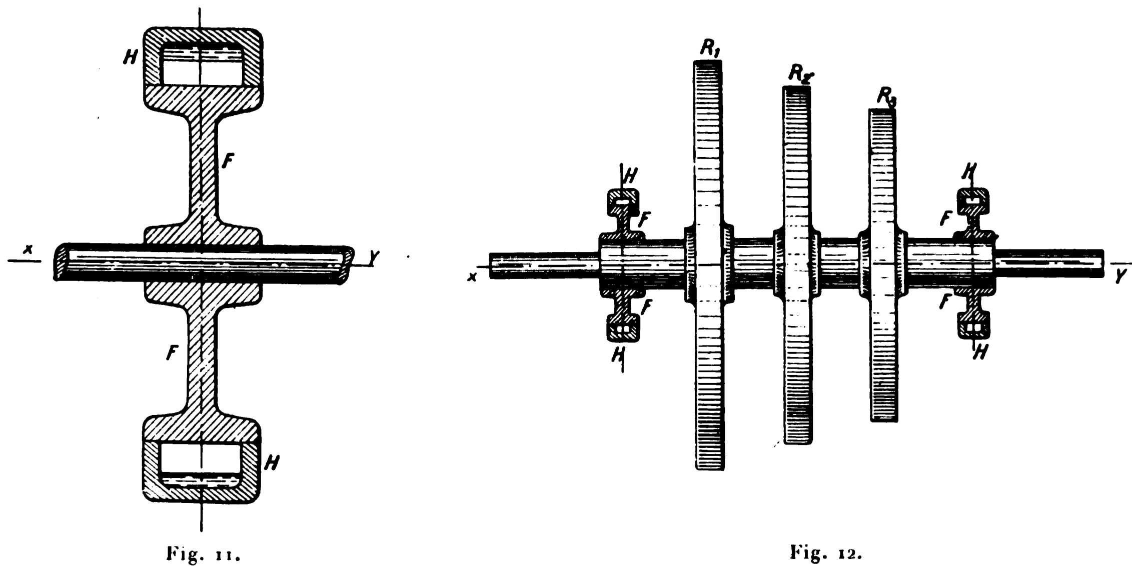


Fig. 11.

Fig. 12.

frette H, posée à chaud, où est creusé un canal circulaire.

Dans ce canal nous introduisons une certaine quantité de mercure, par des trous que nous bouchons ensuite hermétiquement, mais sans le remplir.

La quantité de mercure introduite doit être assez grande pour que la surface cylindrique extérieure du canal soit toujours recouverte par lui, lorsque le canal tourne autour d'un axe autre que l'axe xy.

La hauteur du canal doit être suffisante pour que le mercure, pendant la rotation, n'arrive jamais à toucher sa surface cylindrique intérieure, lorsque l'axe réel de rotation se déplace.

Cet appareil est un *équilibreur automatique*.

La masse de mercure qu'il contient est une *masse additionnelle* mobile : la densité de ce métal permet de la faire grande sous un petit volume.

Désignons par : R, le rayon du cylindre qui limite extérieurement le canal; L, la distance de ses parois planes; δ, la densité du mercure; g, l'accélération de la pesanteur.

Si l'arbre, qui porte l'équilibreur, est complètement libre de choisir son axe de rotation, et s'il vient à tourner autour d'un axe passant à la distance ε de son axe de figure : d'après ce que nous avons dit plus haut, les forces exercées sur la petite masse de mercure ont la même résultante que celles qui s'exerceraient sur un disque plat rempli de mercure, de rayon R et de largeur L. L'équilibreur produit donc une force de rappel F tendant à rapprocher les axes de figure et de rotation, qui a pour expression

$$F = \pi R^2 L \frac{\delta}{g} \Omega^2 \varepsilon.$$

L'équilibreur est apte à produire une très grande force de rappel, mais il ne peut produire un grand couple de redressement.

Or, au lieu d'employer une force de rappel et un couple de redressement pour amener très sensiblement en coïncidence l'axe de figure xy, et l'axe réel de rotation OO' d'un rotor, nous pouvons avoir recours à deux forces de rappel distinctes agissant sur des points voisins des extrémités de l'axe de figure xy.

Il suffit alors, pour résoudre complètement notre pro-

blème, de caler deux équilibreurs automatiques sur les deux extrémités de l'arbre du rotor.

La figure 12 représente un rotor portant des roues R_1, R_2, R_3, ainsi muni de deux équilibreurs. Nous avons supposé que l'axe portait plusieurs roues, parce que, s'il est possible de faire des turbines à une seule roue, on sera le plus souvent conduit à donner encore plusieurs roues aux compresseurs rotatifs, malgré la grandeur de leurs vitesses angulaires.

Masse minima de mercure que doit contenir un équilibreur automatique. — Soit r le rayon du cylindre constituant la surface libre du mercure, lorsque l'axe de rotation est parallèle à l'axe de figure. Nous avons

$$\mu = \pi(R^2 - r^2) L \frac{\delta}{g}.$$

La masse M du volant capable de développer la même force de rappel que l'équilibreur eût été $M = \pi R^2 L \frac{\delta}{g}$.

L'axe réel de rotation, étant toujours très sensiblement parallèle à l'axe de figure, pourra se déplacer, par rapport à celui-ci, d'une quantité $\varepsilon = (R - r)$, sans que le mercure cesse de recouvrir tout le cylindre de rayon R, qui limite le canal circulaire.

D'où

$$\mu = \pi(R + r) L \frac{\delta}{g} \varepsilon,$$

ou, puisque les deux rayons R et r ne différeront que d'une très petite quantité,

$$\mu = 2\pi R L \frac{\delta}{g} \varepsilon.$$

D'où

$$\frac{\mu}{M} = \frac{2\varepsilon}{R}.$$

La masse m du rotor, sans équilibreur, est excentrée d'une quantité e, par rapport à son axe de figure. Cette excentration se trouve réduite à ε, par les deux équilibreurs dont il est muni.

Si l'on avait voulu obtenir le même résultat au moyen de deux masses additionnelles situées à la distance R de l'axe de figure, la somme de ces deux masses aurait dû être égale à

$$\frac{m(e - \varepsilon)}{R} = \frac{M\varepsilon}{R}.$$

La somme des masses minima de mercure des deux équilibreurs est égale à $\frac{2M\varepsilon}{R}$. Elle est double de la précédente.

Autrement dit, la somme minima des masses de mercure à introduire dans les équilibreurs doit être le double de la somme des masses additionnelles fixes, qui pourraient assurer le même équilibrage.

C'est là le prix de l'automaticité. Il n'est pas élevé, car les masses additionnelles nécessaires sont toujours très petites par rapport à celles qu'on veut équilibrer.

Cas où le rotor n'est pas complètement libre de choisir son axe de rotation. — Nous avons supposé que notre rotor était complètement libre. Cette condition ne peut être rigoureusement réalisée : il y a lieu de chercher si les forces extérieures appliquées à l'axe de figure du rotor ne contrarieront pas l'action de nos équilibreurs.

Des forces extérieures de deux espèces doivent être exercées sur l'axe de figure du rotor :

1° Des forces limitant les déplacements de cet axe et tendant à le faire coïncider avec l'axe de figure du stator, à l'intérieur duquel tourne le rotor. Elles doivent être fonctions des distances de leurs points d'application à ce dernier axe et croître avec elles;

2° Des forces d'amortissement constamment opposées au déplacement des points de l'axe de figure du rotor, auxquels elles sont appliquées. Leur direction sera toujours celle de la vitesse de ces points, mais de sens contraire.

Si l'axe réel de rotation coïncide avec l'axe de figure du *stator*, l'axe de figure du *rotor* décrit un hyperboloïde de révolution à une nappe autour de l'axe de figure du stator et les distances à ce dernier axe des points d'application des premières forces sont constantes. Ces forces le sont elles-mêmes. Elles peuvent s'équilibrer avec les forces d'inertie exercées en des points de l'axe de figure du rotor.

Si cette coïncidence n'a pas lieu, cet équilibre ne peut plus être obtenu, mais l'axe réel de rotation est alors sollicité par des forces tendant à déterminer cette coïncidence, qui finit toujours par se produire.

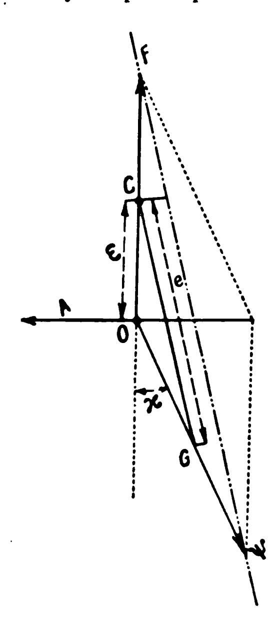


Fig. 13.

Alors les premières forces sont normales aux déplacements de leurs points d'application. Elles tendent à rapprocher l'axe de figure du rotor de l'axe réel de rotation et leur action s'ajoute à celle des équilibreurs.

Soit G le centre de gravité des masses du rotor autres que les masses de mercure des équilibreurs.

Nous pouvons transporter les forces d'amortissement au point O, à condition de leur adjoindre un couple, dont

nous n'avons pas à nous préoccuper, car il ne sert qu'à prendre à l'arbre le travail absorbé par ces forces.

Menons du point G la perpendiculaire GC sur l'axe de figure et la perpendiculaire GO sur l'axe réel de rotation (*fig.* 13). Joignons les points O et C. La distance $CG = e$ est constante. Nous désignerons par ε la longueur CO.

En pratique, les axes de figure, d'inertie et de rotation ne font jamais entre eux que des angles très petits, dont les cosinus peuvent être considérés comme égaux à 1. La longueur CO représente donc la distance de l'axe de figure à l'axe réel de rotation.

Le point O peut être considéré comme sollicité par trois forces ayant pour projections sur le plan OCG :

1° Une force F dirigée suivant OC, due à l'action des équilibreurs;

2° Une force ψ dirigée suivant OG, due à l'action de la force centrifuge sur les masses du rotor autres que les masses de mercure;

3° Une force d'amortissement A, normale à la direction OC.

La composante A doit être égale et de sens opposé à la résultante des forces F et ψ. Comme elle est normale à la direction CO, la direction OG ne peut se confondre avec celle-ci et fait, avec elle, un angle χ (*fig.* 14).

Les forces F et ψ sont respectivement proportionnelles aux distances OC et OG. Nous pouvons donc poser, en désignant par K et K' deux constantes,

$$F = K\varepsilon, \qquad \psi = K'\overline{OG}.$$

Nous devons avoir

$$F = \psi \cos\chi,$$

d'où

$$\overline{OG} = \frac{K}{K'}\frac{\varepsilon}{\cos\chi}.$$

Le triangle COG nous donne la relation

$$e^2 = \varepsilon^2 - \overline{OG}^2 + 2\varepsilon\,\overline{OG}\cos\chi.$$

Nous en tirons

$$\varepsilon^2 = e^2 \frac{K'^2\cos^2\chi}{K'(K'+2K)\cos^2\chi + K^2},$$

d'où

$$\frac{d}{d\chi}\varepsilon^2 = \frac{-2K^2K'^2e^2\cos\chi\sin\chi}{[K'(K'+2K)\cos^2\chi + K^2]^2}.$$

Nous avons d'ailleurs

$$A = \psi\sin\chi = K\varepsilon\tang\chi.$$

Lorsque la force d'amortissement A varie de zéro à l'infini, χ varie de zéro à $\frac{\pi}{2}$ et le produit $\cos\chi\sin\chi$ est toujours positif. Il s'annule pour $\chi = 0$ et $\chi = 2$. La dérivée $\frac{d}{d\chi}\varepsilon^2$ est constamment négative et le rapport $\frac{\varepsilon^2}{e^2}$ va en décroissant graduellement de la valeur $\frac{K'2}{K^2}$ à la valeur zéro.

En résumé, les forces élastiques qui tendront à faire coïncider l'axe de figure du *rotor* avec celui du *stator* ne feront qu'ajouter leur action à celle des équilibreurs. Quant aux forces d'amortissement, c'est lorsqu'elles seront nulles que la distance ε sera maxima et que les sauts du rotor seront le plus prononcés. Ils ne pourront que diminuer d'amplitude, à mesure que ces forces grandiront.

Toutes les forces extérieures contribueront donc à rapprocher l'axe de figure du rotor de l'axe de figure du stator. Leur action ne pourra être que bienfaisante à ce point de vue. Mais, si l'on ne tient pas compte des forces d'amortissement naturelles développées sur le rotor par le milieu ambiant et qui sont toujours très petites, toutes les forces extérieures doivent prendre leur point d'appui sur les coussinets de l'arbre. C'est pourquoi il faut les rendre aussi petites que possible.

Il ne convient donc pas de développer des forces d'amortissement artificielles *pour réduire les sauts du rotor*. Il faut déterminer les équilibreurs de manière que les sauts de l'arbre n'aient qu'une hauteur tolérable, en supposant nulles toutes les forces extérieures.

Dispositions pratiques des équilibreurs automatiques. — Plus on voudra diminuer l'amplitude des sauts de l'arbre d'un rotor, plus il conviendra d'étaler la masse de mercure de ses équilibreurs sur une large surface, en augmentant leur largeur L.

Nous avons en effet

$$m = 2\pi R\frac{\delta}{g}L\varepsilon.$$

La masse m et le rayon R étant donnés, le produit $L\varepsilon$ sera constant et l'on ne pourra diminuer ε sans augmenter L.

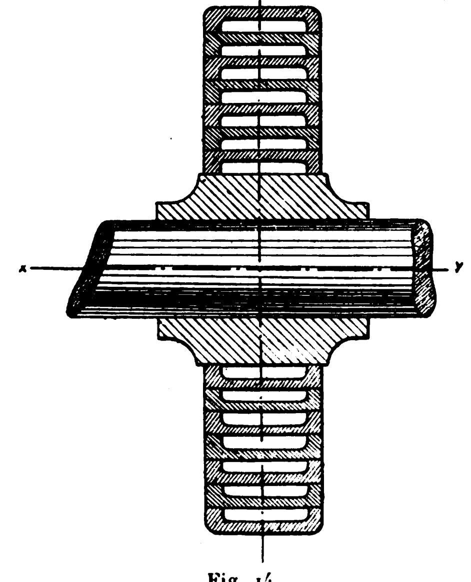


Fig. 14.

On risquerait ainsi de faire des équilibreurs encombrants, mais il est naturel de profiter de la minceur des canaux, pour en superposer un grand nombre, comme il est représenté sur la figure 14.

Telle est la disposition que nous donnons généralement à un équilibreur. Elle permet de lui donner une grande puissance, sous un volume et un poids très faibles. Ainsi l'appareil représenté, en grandeur naturelle, sur la figure 14 pourrait tourner à la vitesse de 500 t : s, s'il était exécuté en acier au nickel.

En attribuant aux rayons R successifs des sept canaux les valeurs de 17 mm, 21 mm, 25 mm, 29 mm, 33 mm, 37 mm et 41 mm et une largeur commune de 14 mm, on trouve que l'effort exercé sur l'arbre, s'il était désaxé de 1 mm, serait de 3820 kg.

L'arbre ne pourrait le supporter.

Si l'on veut rendre les équilibreurs très puissants, pour rendre les sauts de l'arbre sensiblement nuls en marche normale, il faut prendre garde que l'arbre ne puisse se fausser, dans le cas où il viendrait à subir un très grand désaxage, à la suite d'un accident tel qu'une salade d'aubes ou un arrachement d'ailes de compresseurs, les équilibreurs exerçant alors de trop vives réactions sur ses extrémités.

Le moyen le plus simple consiste à limiter l'action de l'équilibreur, dès que le désaxage devient trop grand.

Pour cela, nous devrions donner au tore contenant le mercure une hauteur ε égale à celle du désaxage maximum, que doit subir l'arbre *en marche normale*.

Dès que ce désaxage deviendrait plus grand, l'épaisseur maxima de la couche de mercure, dans l'équilibreur, ne pourrait devenir supérieure à ε et son épaisseur minima ne pourrait devenir aussi petite que si la hauteur du tore était plus grande.

L'action de l'équilibreur se trouverait ainsi limitée.

Mais, la hauteur ε étant toujours très petite, l'anneau de mercure serait très mince et les phénomènes de *tension superficielle* prendraient une grande importance. Comme le mercure ne mouille pas l'acier, ils tendraient à le réunir en un globule de surface minima et l'empêcheraient de s'étaler librement, sous l'influence des forces d'inertie, lorsque le désaxage serait inférieur à ε.

Il convient donc de donner une hauteur raisonnable, telle que 2 mm, au tore, comme il est représenté sur la figure 14 et de le remplir presque complètement de mercure. Dans ces conditions, la couche de mercure aura toujours une épaisseur telle que les effets de la tension superficielle soient complètement négligeables, par rapport à ceux des forces d'inertie. Nous devrons employer plus de mercure que nous l'avons reconnu nécessaire précédemment, mais cela sera sans importance.

Il est à remarquer que, quel que soit le désaxage subi par un rotor, à la suite d'un accident grave, s'il peut toujours tourner autour de son axe d'inertie, il n'en résulte aucune fatigue supplémentaire pour ses matériaux. Seuls les sauts de l'arbre sont augmentés et ce sont les pièces qui le supportent ou lui transmettent un couple qui sont davantage fatiguées par les mouvements oscillatoires de grande amplitude qu'elles prennent.

Elles doivent être établies de manière à pouvoir supporter cette fatigue, pendant le temps court nécessaire pour reconnaître l'accident et arrêter la machine.

Or, nous savons que la matière supporte bien les mouvements vibratoires, lorsqu'ils sont de courte durée. C'est leur continuité qui est dangereuse, même quand l'amplitude des mouvements est faible, parce qu'elle amène des changements dans la constitution des métaux. Ils deviennent cristallins, ce qui diminue leur résistance.

Le rôle des équilibreurs est de réduire suffisamment l'amplitude des mouvements continuels, pour que la vie des pièces qui les subiront devienne longue. Il n'y aurait aucun intérêt à demander aux équilibreurs de continuer à fonctionner, même en cas de grand désaxage dû à un accident grave. Ce résultat ne pourrait être obtenu sans fatiguer beaucoup les matériaux du rotor.

Dans le cas des turbines, surtout lorsqu'elles n'auront qu'une roue, il conviendra de disposer les équilibreurs, non aux extrémités de l'arbre, mais dans le corps même de la roue, au voisinage immédiat de la couronne d'aubes. La réaction de l'équilibreur n'aura plus à être transmise par l'arbre en même temps qu'on pourra rendre celui-ci plus court. Cela permettra d'élever encore la vitesse critique du rotor.

Les équilibreurs pourront être alors constitués par des tubes d'acier méplats, semblables à ceux des manomètres, qu'on courbera suivant une circonférence et dont on rejoindra les extrémités, au moyen d'une soudure autogène, après les avoir remplis partiellement de mercure.

On les introduira dans des gorges A, A, ménagées le long de la circonférence extérieure des roues (*fig.* 15). Ils

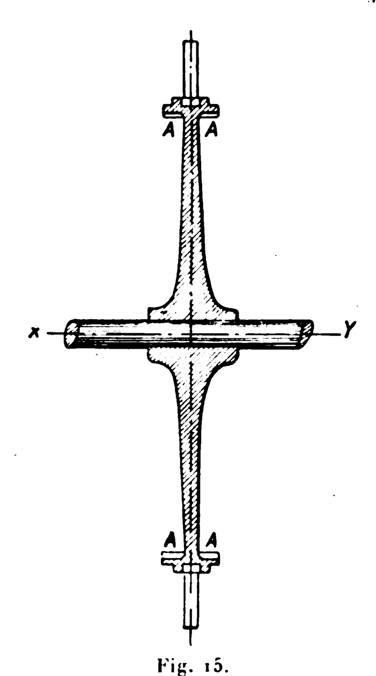


Fig. 15.

demeureront appliqués contre le fond de ces gorges, d'abord par leur propre élasticité, puis par la force centrifuge.

Stabilité du régime et amortissement des mouvements oscillatoires du mercure. — Par le centre de gravité G des masses du rotor, autres que les masses de mercure, menons un plan perpendiculaire à son axe de figure. Il le coupe en un point C (*fig.* 16). Le centre de gravité des masses de mercure se projette en un point Γ du plan.

Nous avons vu qu'un régime pouvait s'établir, pour lequel le point Γ se trouverait sur le prolongement de la droite GC. Il est nécessaire qu'il s'établisse pour que les équilibreurs fonctionnent.

Il faut donc que ce régime soit stable.

Supposons que le centre de gravité des masses de mercure se projette en un autre point Γ'. Le centre de gravité de l'ensemble des masses du rotor se projettera en un point O nécessairement situé sur la droite GΓ' et, si le rotor est libre de choisir son axe de rotation, celui-ci passera par le point O.

La force centrifuge exercée sur le centre de gravité des masses de mercure aura une projection F sur le plan de la figure et celle-ci sera dans le prolongement de la droite GO.

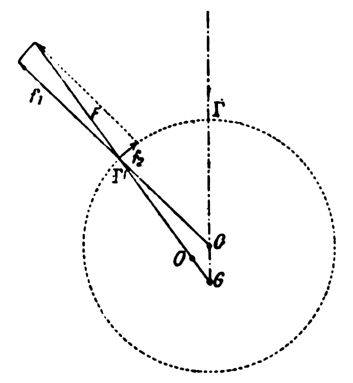


Fig. 16.

Menons la droite CΓ'. Nous pouvons décomposer la force F en deux forces f_1 et f_2 dirigées la première suivant la droite CΓ' et la seconde normalement à cette droite. La force f_1 sera compensée par la réaction des parois des équilibreurs; la seconde tendra à déplacer le mercure le long de ces parois et à ramener son centre de gravité vers le point Γ.

La force f_2 s'annule en changeant de signe, toutes les fois que le point Γ' passe par le point Γ. Elle assure ainsi la stabilité du régime, mais elle n'empêche pas le mercure d'osciller autour du point A.

Il convient d'amortir ces mouvements d'oscillation. Nous y sommes parvenus d'abord en achevant de remplir les canaux des équilibreurs avec une huile visqueuse. Cette solution donnait de bons résultats en marche normale et l'ampèremètre de la dynamo qui conduisait notre appareil d'essai, alors qu'il oscillait dans de très larges limites, lorsque le mercure était seul, devenait parfaitement stable, une fois les canaux achevés de remplir avec de l'huile.

Mais, pendant les périodes d'accélération du rotor, à la mise en route et à l'arrêt, le mercure ne pouvait plus tourner avec la même vitesse que les parois et devait se déformer, à chaque instant, pour que sa surface libre demeurât une surface de niveau. L'huile s'opposait à ces déformations. C'était là une cause de vibrations pour l'arbre.

C'est pourquoi nous nous sommes décidés à entraîner le mercure mieux que par simple friction, en disposant des palettes à l'intérieur des équilibreurs, comme il est représenté sur la figure 17. Ces palettes *aa*... sont constituées par de petites bandes de tôle mince, qu'on glisse dans des rainures (*fig.* 18) pratiquées dans les parois laté-

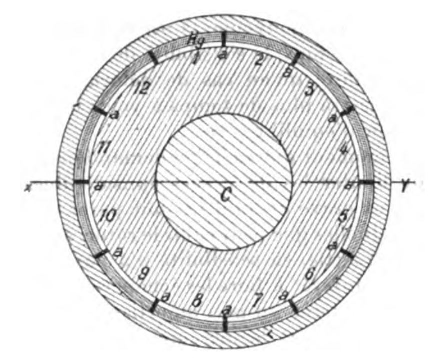


Fig. 17.

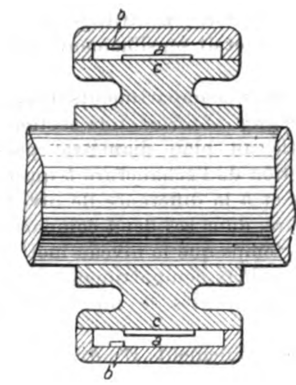


Fig. 18.

rales des équilibreurs. Elles sont munies de petites échancrures *bb*... disposées contre la paroi extérieure de l'équilibreur et destinées à laisser passer le mercure d'un compartiment à l'autre, et d'échancrures plus larges *cc* destinées à laisser passer l'air ou l'huile qui surmonte le mercure.

En montant les palettes, on fait en sorte que les échancrures *bb* de deux palettes consécutives ne soient jamais en face l'une de l'autre.

Si l'on avait affaire à un équilibreur formé par un tube méplat tel que ceux de la figure 15, le moyen le plus simple de constituer des chicanes d'amortissement consisterait à aplatir le tube de distance en distance comme



Fig. 19.

il est représenté en *a*, *a*, *a*, ... sur la figure 19. Chaque compartiment ménagé entre deux chicanes serait percé d'un petit trou S sur sa face interne, pour permettre

à l'air d'entrer ou de sortir. La capillarité retiendrait le mercure à l'arrêt, malgré l'action de la pesanteur.

Plus les échancrures bb (*fig.* 19) seront petites et mieux seront amortis les mouvements oscillatoires du mercure, mais, en même temps, la sensibilité de l'équilibreur diminuera, c'est-à-dire qu'en cas de déformation du rotor, le mercure mettra plus de temps à venir occuper sa nouvelle position d'équilibre.

Mais, du moment que nous ne demandons pas à l'équilibreur de limiter les désaxages considérables résultant d'un accident grave et qu'il ne doit parer qu'aux déformations graduelles que peut subir le rotor, sous l'influence des forces d'inertie, sa sensibilité n'a pas d'importance.

Il y a tout intérêt à faire les échancrures extrêmement petites, pour assurer un bon amortissement. Cela n'empêchera pas d'ailleurs le mercure de passer rapidement d'une position d'équilibre à une autre.

Cela tient à la grandeur des forces exercées sur lui et à la petitesse des volumes à faire passer par les échancrures.

Ainsi dans les équilibreurs de notre appareil d'essai qui faisait 500 t : s, la force centrifuge développée sur les masses de mercure était sensiblement égale à 34 000 fois la pesanteur.

Considérons deux compartiments consécutifs séparés par une palette (*fig.* 18). Soit Σ la section d'un compartiment, normale au plan diamétral passant par son milieu, σ la section de l'échancrure b qui réunit les deux compartiments et h la différence de niveau des surfaces libres du mercure, dans ces deux compartiments.

Cherchons le temps que le niveau mettra à se rétablir, en supposant ces deux compartiments isolés.

Prenons comme unités le mètre, la seconde et le kilogramme-force.

La vitesse d'écoulement W du mercure à travers l'échancrure b est

$$W = \sqrt{2g \times 34000 h}.$$

Soit K le coefficient de contraction de l'échancrure, le volume V débité par seconde est

$$W = 816 K\sigma\sqrt{h}.$$

Si le niveau s'abaisse de $\frac{dh}{2}$, dans le compartiment de droite, il s'élève de $\frac{dh}{2}$ dans le compartiment de gauche et la variation de la différence de niveau h est égale à dh.

D'où, en désignant par t le temps,

$$-\sum \frac{dh}{2} = 816 K\sigma\sqrt{h}\, dt,$$

ou

$$-\frac{1}{2}\frac{\frac{dh}{dt}}{\sqrt{h}} = 816 K\frac{\sigma}{\Sigma},$$

d'où

$$\sqrt{h_0} - \sqrt{h} = 816 K\frac{\sigma}{\Sigma}(t - t_0).$$

La durée $\Delta t = t - t_0$, au bout de laquelle nous aurons $h = 0$, est égale à

$$\Delta t = \frac{\Sigma}{816 K\sigma}\sqrt{h_0}.$$

La dénivellation totale h_0 ne dépassera jamais en pratique 0,5 mm, soit 5.10^{-4} m.

Nous aurons donc, au maximum,

$$\Delta t = \frac{1}{36200}\frac{\Sigma}{K\sigma}.$$

Supposons que, l'orifice étant très étroit, le coefficient de contraction K soit seulement égal à 0,05, nous aurons finalement

$$\Delta t = \frac{1}{18100}\frac{\Sigma}{\sigma}.$$

Ainsi, si nous faisions $\Delta t = 1''$, on pourrait réduire la section Σ au $\frac{1}{18100}$ de la section σ. Cela suffit pour montrer qu'il est possible de rendre excessivement grand l'amortissement des mouvements oscillatoires du mercure, sans rendre l'équilibreur trop paresseux.

Phénomènes capillaires. — Toutefois, il faut prendre garde que, si l'un des compartiments venait à être vidé, la capillarité s'opposerait au passage du mercure venant d'un compartiment voisin à travers un très petit trou. Pour la vaincre, il faudrait qu'une pression considérable fût développée sur l'axe de ce trou et, par conséquent, que la vitesse de rotation ait déjà acquis une assez grande valeur bien déterminée. Au-dessous de cette vitesse, le mercure ne pourrait prendre la figure d'équilibre voulue.

Cela pourrait présenter des inconvénients, au moment de la mise en route.

Pour les éviter, il faut que les deux faces de chaque échancrure soient toujours noyées dans le mercure, pour que les forces capillaires développées des deux côtés d'une échancrure s'équilibrent.

Nous y arriverons à coup sûr, si l'équilibreur est presque plein de mercure et si l'espace qui n'en contient pas est inférieur au volume d'un des compartiments de l'équilibreur.

IV. Résumé et conclusions. — On peut communiquer, en toute sécurité, à un rotor quelconque, une vitesse angulaire de rotation atteignant les deux tiers de sa première vitesse critique *propre*, quelque élevée que soit cette dernière.

Si le rotor repose sur des points d'appui élastiques, cette première vitesse critique *propre* est suffisamment élevée pour qu'on puisse faire des turbines à vapeur à une roue utilisant bien le travail disponible dans la vapeur. On peut faire également des compresseurs rotatifs à plusieurs roues et des dynamos utilisant toute la puissance fournie par ces turbines, en tournant à leur vitesse.

Toutes les fois que cela sera possible, il y aura lieu de monter, sur un même arbre, le rotor moteur et le rotor mû, pour n'avoir à leur transmettre aucun couple. On pourra relier les deux rotors par un arbre de diamètre assez petit, pour qu'il puisse traverser des presse-étoupes ou organes équivalents. Cette disposition n'est pas applicable, toutefois, au cas de plus de deux rotors montés sur le même arbre.

Le rotor résultant devra pouvoir choisir, à chaque instant, son axe de rotation.

Les coussinets devront donc être portés par des ressorts. Le système ainsi constitué aura une vitesse critique ω, qu'on rendra très basse, en rendant les ressorts très souples. Au moment de la mise en route, on calera les coussinets jusqu'à ce que la vitesse critique ω ait été suffisamment dépassée et on les rendra libres après. Au moment de l'arrêt, on recalera les coussinets, dès que la vitesse se rapprochera de la vitesse critique ω. Si la machine est munie d'un régulateur de vitesse, ce qui sera le cas général, on fera exécuter automatiquement ces opérations par son tachymètre.

S'il est nécessaire de transmettre un couple au rotor, on le fera au moyen d'un joint flexible, dont la première vitesse critique *propre* sera supérieure à la vitesse normale de rotation. Mais on conservera les coussinets à ressorts du rotor, de manière à pouvoir donner une grande souplesse au joint flexible, sans qu'il soit déformé par le poids du rotor.

Le système constitué par le rotor, le joint flexible et les ressorts de suspension aura une vitesse critique ω qu'on passera, comme dans le premier cas, en calant momentanément les coussinets à ressorts.

Enfin, dans tous les cas, on assurera le bon équilibrage du rotor, que ses matériaux soient déformables ou non, en lui adjoignant deux équilibreurs automatiques.

En rendant libre le rotor de choisir, à chaque instant, son axe de rotation, on évitera toute fatigue à ses matériaux et à ceux du stator.

En disposant des équilibreurs automatiques sur le rotor, on rendra inoffensives les vibrations des coussinets, ressorts de suspension et joints flexibles, dont la durée deviendra presque indéfinie. En même temps, on pourra réduire les jeux du rotor, dans le stator qui l'entourera, comme s'il reposait sur un arbre rigide porté par des coussinets fixes.

MAURICE LEBLANC.

Le droit international des eaux. — Deux juristes, MM. Huber et W. Burckhardt, ont présenté à la Conférence internationale réunie à Berne, en juillet 1912, sous les auspices du Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, des travaux sur la création d'une législation internationale des eaux.

La question, dont personne ne nie l'importance, ne laisse pas d'être très délicate. En effet, il s'agirait de créer une nouvelle section du droit des gens. Mais qu'est-ce au juste que ce droit des gens ou droit international public? « C'est celui qui a pour objet l'exposé des règles suivies dans les rapports des États, et des principales lois générales consacrées ou non dans la pratique, qui se dégagent de l'observation scientifique de ces rapports dans l'histoire. » Et maintenant, est-ce bien là un véritable droit, au sens ordinaire de ce mot, c'est-à-dire un ensemble de règles adoptées par un législateur dont l'autorité s'impose, interprétées et appliquées par un organe spécial qui peut, au besoin, assurer le respect de ses décisions par voie coercitive? La réponse est aisée : les États, étant souverains par essence, un tel législateur n'existe pas et il n'existe pas davantage de tribunal universel armé de pouvoirs coercitifs.

Aussi, de bons auteurs ont-ils été jusqu'à nier catégoriquement l'existence du droit international. Si nous nous attardons à ce préambule, ce n'est pas pour le vain plaisir d'ergoter sur des définitions, c'est dans le but de marquer la difficulté de la tâche que s'imposent les protagonistes du droit international des eaux.

Ce droit, il faudra le fonder sur une doctrine et cela encore ne sera pas fort aisé si l'on en juge par ce qui vient de se passer à la Conférence de Berne, où MM. Huber et Burckhardt ont tenté de dégager les sources du droit international des eaux. Leurs avis diffèrent.

M. Huber s'inspire du précepte évangélique qui prescrit de ne pas faire aux autres ce que nous ne voudrions pas qu'on nous fît. Tant de résignation n'est pas du goût de M. Burckhardt qui dirait plus volontiers : œil pour œil, dent pour dent. Voici comment il faut entendre cela : M. Huber prétend que si un État impose, sur son territoire, en faveur de ses administrés, certaines restrictions au sujet de l'utilisation des eaux; par exemple : sauvegarde des intérêts privés, droits d'opposition accordés, dans certains cas, aux intéressés, etc., il doit s'inspirer des mêmes principes bienveillants quand, par le fait de dispositions qu'il prend sur son territoire, il trouble le régime des eaux au préjudice de l'État situé en aval.

M. Burckhardt a moins de mansuétude. Pourquoi, s'écrie-t-il, se montrer si libéral envers ces gens d'aval qui sont peut-être traités avec rigueur dans leur pays même et par leur propre gouvernement. L'État d'aval serait évidemment mal fondé à réclamer de l'État d'amont des égards qu'il refuse, lui, État d'aval, à ses nationaux et l'État d'amont, en opposant une fin de non-recevoir à son voisin fera œuvre de justicier. Ce ne sera peut-être pas le dernier mot de la courtoisie internationale, mais nous n'y pouvons rien. M. Burckhardt estime que l'État d'amont peut prendre toutes mesures en vue d'une meilleure utilisation des eaux, sous la réserve toutefois qu'il n'en résultera, en aval, que des dommages pécuniaires pour certains riverains et qu'aucun préjudice ne sera porté aux œuvres d'intérêt général, la navigation, par exemple. Les gens d'amont sont, d'ailleurs, tenus à réparation de ces dommages même si, sans être actuels, ils sont seulement possibles, ce qu'on pourrait appeler des dommages sous forme potentielle.

Sur ce point, M. Huber se montre moins généreux que son confrère et il ne reconnaît que les dommages réels, actuels. C'est aussi l'avis d'un juriste autrichien qui a pris part à la Conférence.

Lorsqu'un fleuve sépare deux États, la frontière est marquée par la ligne médiane du talweg ou du plan d'eau et chaque État exerce sa souveraineté sur la moitié du fleuve, mais MM. Huber et Burckhardt estiment que cette souveraineté est limitée par les intérêts de l'autre État qui doivent être sauvegardés. M. Burckhardt est d'avis que les États n'ont pas un droit de veto l'un contre l'autre et que l'un d'eux ne peut répondre à son voisin : je ne fais rien sur ma rive et je vous interdis de rien faire sur la vôtre. Si les installations intéressent à la fois les deux États ils devront en régler les dispositions au moyen de conventions telles que celle qui lie actuellement la Suisse et le Grand-Duché de Bade.

Il n'est pas question de suivre ici les juristes dans le détail de leurs consultations. Nous nous bornons à en relever quelques points et renvoyons nos lecteurs à la très intéressante brochure [1] publiée par l'Association suisse pour l'amélioration des cours d'eau [2].

---

[1] Rascher et Cie, éditeurs, Zurich. Prix : 2 fr.

[2] Extrait du *Bulletin technique de la Suisse romande*, 10 janvier 1903, p. 8.



LÉGISLATION, JURISPRUDENCE, ETC.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Loi interdisant, dans la partie maritime des fleuves et cours d'eau utilisables pour la défense nationale, toute obstruction quelle qu'elle soit, sans avis favorable du département de la Marine et sans approbation du Parlement.

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE UNIQUE. — Aucun ouvrage permanent de nature à entraver la navigation maritime, aucun pont ou barrage ne pourront être établis dans la partie maritime navigable des fleuves, rivières, cours d'eau utilisables pour la défense nationale et dont la liste est annexée à la présente loi, sans avoir été autorisés par le Parlement après avis du Conseil supérieur et du Ministère de la Marine.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Fait à Paris, le 15 janvier 1913.

A. FALLIÈRES.

Par le Président de la République :

Le Ministre de la Marine,

DELCASSÉ.

(*Journal officiel* du 17 janvier 1913.)

Arrêté nommant des membres de la Commission des distributions d'énergie électrique.

Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,

Vu l'arrêté du 25 août 1909, portant réorganisation de la Commission des distributions d'énergie électrique, modifié par arrêtés des 4 juin 1910, 3 décembre 1910, 24 juin 1911, 26 novembre 1911, 26 janvier 1912 et 30 octobre 1912; sur la proposition du Directeur du personnel et de la comptabilité,

Arrête :

ARTICLE PREMIER. — Sont nommés membres de la Commission des distributions d'énergie électrique, pour les années 1913 et 1914 :

MM.

JULLIEN, inspecteur général des Ponts et Chaussées, président.

DOËRR, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

CHABERT, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

RIVOIRE-VICAT, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

LUNEAU, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

MARION, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

RIBIÈRE, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

DE VOLONTAT, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

LIMASSET, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

WALCKENAER, inspecteur général des Mines.

LIÉNARD, inspecteur en chef des Mines.

ZACON, inspecteur départemental du Travail.

BERTHELOT (André), administrateur délégué de la Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris.

CORDIER, administrateur délégué de la Société Énergie électrique du Littoral méditerranéen.

BRYLINSKI, sous-directeur de la Société du Triphasé.

RACLET, administrateur délégué de la Société lyonnaise des forces motrices du Rhône.

ART. 2. — Seront attachés à la Commission des distributions d'énergie électrique pendant les années 1913 et 1914 pour remplir les fonctions ci-après désignées :

Secrétaire : M. Ourson, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Secrétaires adjoints rapporteurs : MM. Oppenheim, ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées; Le Gavrian, ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées; Le Trocquer, ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées; Huet (Robert), ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées; Delline, ingénieur ordinaire des Mines; Girousse, ingénieur des Télégraphes; Gervais de Rouville, ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées.

Paris, le 11 janvier 1913.

Jean DUPUY.

(*Journal officiel* du 19 janvier 1913.)

Arrêté relatif à la composition de la Commission des distributions d'énergie électrique.

Par arrêté en date du 16 janvier 1913, a été porté de sept à neuf le nombre des inspecteurs généraux des Ponts et Chaussées et des Mines, membres de la Commission des distributions d'énergie électrique.

(*Journal officiel* du 19 janvier 1913.)

Par arrêté en date du 16 janvier 1913, MM. Heude et Tourtay, inspecteurs généraux des Ponts et Chaussées, ont été nommés membres de la Commission des distributions d'énergie électrique pour les années 1913 et 1914.

(*Journal officiel* du 19 janvier 1913.)

Décret réduisant les taxes des télégrammes échangés par les voies Dakar et Ténériffe avec certains pays de l'Afrique occidentale.

Le Président de la République française,

Vu l'article 2 de la loi du 21 mars 1878;

Vu le décret du 10 juillet 1909 portant fixation des taxes terminales et de transit applicables aux correspondances acheminées par les câbles sous-marins français;

Sur la proposition du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes et du Ministre des Finances,

Décrète :

ARTICLE PREMIER. — Les taxes applicables aux correspondances échangées par les voies *Brest-Dakar-Conakry* ou lignes terrestres espagnoles *Ténériffe-Conakry* entre l'Europe ou les pays au delà, d'une part, les possessions françaises et britanniques de la côte occidentale d'Afrique au sud du Sénégal et la République de Libéria, d'autre part, sont fixées ainsi qu'il est indiqué au tableau A annexé au présent décret.

ART. 2. — Les taxes applicables aux correspondances échangées entre elles par les possessions françaises de la côte occidentale d'Afrique *voie Monrovia*, sont fixées ainsi qu'il est indiqué au Tableau B annexé au présent décret.

ART. 3. — Les taxes prévues aux articles 1 et 2 ci-dessus seront applicables à partir du 1er septembre 1912, toutefois pour les correspondances empruntant la voie Conakry-Sierra-Leone, la date de la mise en vigueur de ces taxes sera fixée par arrêté du sous-secrétaire d'État des Postes et des Télégraphes.

ART. 4. — Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, et le Ministre des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois.*

Fait à Paris, le 5 décembre 1912.

A. FALLIÈRES.

Par le Président de la République :

Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,

Jean DUPUY.

Le Ministre des Finances,

L.-L. KLOTZ.



VILLE DE PARIS.

Service de l'électricité.

Le public est prévenu que les renseignements qu'il pourrait avoir à demander concernant le service de l'Électricité sont donnés dans les bureaux de l'inspecteur de l'Éclairage électrique, 9, place de l'Hôtel-de-Ville, de 10 h à 12 h et de 2 h à 5 h, tous les jours, excepté les dimanches et jours fériés.

(*Bulletin municipal officiel* du 18 janvier 1913.)

SOCIÉTÉS, BILANS.

Compagnie générale d'Électricité. — Du Rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée ordinaire du 30 novembre 1912, nous extrayons ce qui suit :

Les bénéfices disponibles au 30 juin dernier s'élèvent à 3 904 739,10 fr. Ce total est formé : des bénéfices normaux, 2 556 126,90 fr, en plus value de 52 121,10 fr sur ceux de l'année dernière, et du report, 1 348 612,20 fr de l'exercice précédent.

STATIONS CENTRALES D'ÉLECTRICITÉ. — *Nombre d'abonnés desservis.* — Au 30 juin 1912, 16 418 contre, au 30 juin 1911, 13 874, soit une augmentation de 2 544.

Lampes de 30 watts reliées aux réseaux. — Au 30 juin 1912, 1521130 contre, au 30 juin 1911, 1323828, soit une augmentation de 197302.

Moteurs électriques en service. — Au 30 juin 1912, 5879 d'une puissance de 27 207 chevaux contre, au 30 juin 1911, 4983 d'une puissance de 22 777 chevaux, soit une augmentation de 896 moteurs, d'une puissance de 4430 chevaux.

Recettes. — Au 30 juin 1912, 6 778 955,60 fr contre, dans l'exercice précédent, 6 021 941,10 fr, soit une augmentation de 757 014,50 fr.

Dividende. Répartition des bénéfices. — En fixant, comme nous vous le proposons, à 40 fr par action le dividende brut à distribuer la répartition se présente comme suit : des bénéfices de l'exercice, 2 556 126,90 fr, il y a lieu, tout d'abord, de déduire le montant du service d'amortissement des obligations pour le porter à la réserve générale, soit 499 500 fr; reste 2 056 626,90 fr. Nous vous proposons de porter d'un coup au dixième du capital social le montant de la réserve légale, ce qui absorbera 500 000 fr. Sur le solde 1 362 407,75 fr, le Conseil a statutairement droit à 5 pour 100, soit 102 831,35 fr, reste 1 953 795,55 fr. Le dividende de 40 fr par action s'élève à 1 440 000 fr. En ajoutant à la différence qui est de 13 795,55 fr le reliquat de l'exercice précédent 1 348 612,20 fr, il reste disponible une somme de 1 362 407,75 fr sur laquelle nous vous proposons de prélever en faveur de la réserve supplémentaire 500 000 fr.

Cette répartition peut se résumer comme suit : sommes distribuées, 1 542 831,35 fr; sommes portées aux réserves, 999 500 fr, et report à nouveau, soit 1 362 407,75 fr; soit un total égal aux bénéfices disponibles de 3 904 739,10.

BILAN AU 30 JUIN 1912.

Actif.	
I. Immobilisations	17 299 604,20
II. Actif réalisable	58 398 046 »
III. Comptes divers	4
	75 697 654,20
Passif.	
I. Engagements sociaux	33 676 000
II. Engagements envers les tiers	38 116 915,10
III. Profits et Pertes	3 904 739,10
	75 697 654,20

Compagnie parisienne de l'Air comprimé. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire du 11 décembre 1912, nous extrayons ce qui suit : Les recettes brutes pour l'électricité se sont élevées en 1911-1912 à 7412030,66 fr contre, en 1910-1911, 7219311,63 fr, soit une augmentation de 192 718,43 fr. Les dépenses totales avaient atteint, en 1910-1911, 3 361 495,99 fr; elles ne s'élèvent, en 1911-1912, qu'à 3 232 509,99 fr; elles sont en diminution de 128 986 fr.

BILAN AU 30 JUIN 1912.

Actif.	
Dépenses de premier établissement	30 308 466,02
Mobilier	18 990,90
Droits sur actions à recouvrer	161 434,28
Droits sur parts bénéficiaires à recouvrer	5 920,66
Cautionnements	323 238,80
Loyers d'avance	7 750 »
Espèces en caisse et dans les banques	14 766 231,34
Action de la Compagnie parisienne de Distribution d'électricité	8 843 662,20
Portefeuille-titres	906 090,70
Parts bénéficiaires rachetées	4 658 709,85
Approvisionnements	698 412,02
Débiteurs divers	1 508 858,77
	62 207 765,54
Passif.	
Capital	25 000 000 »
Réserve légale	631 517,13
Fonds d'amortissement du capital actions	1 263 034,27
Compte spécial d'amortissement du premier établissement	27 908 942,82
Coupons sur actions restant à payer	20 041,64
Coupons sur parts bénéficiaires restant à payer	23 885,48
Avances sur consommation	1 848 639,15
Loyers d'avance versés à la Compagnie	6 250 »
Fournisseurs	871 526,40
Créditeurs divers	1 198 129,23
Profits et Pertes	3 435 799,42
	62 207 765,54

COMPTE DE PROFITS ET PERTES DE L'EXERCICE 1911-1912.

Débit.		
Allocation au Conseil d'administration et aux commissaires des comptes		57 000 »
Amortissement du mobilier		4 747 74
Abonnement au timbre des actions et parts bénéficiaires		26 603,96
Provision pour liquidation des approvisionnements		100 000 »
Transport au compte spécial d'amortissement du premier établissement		2 500 000 »
Solde bénéficiaire		3 435 799,42
		6 124 151,12
Crédit.		
Produits de l'exploitation :		
Électricité	4 179 520,07	
Air comprimé	1 043 199,08	
		5 222 719,15
Intérêts et produits du portefeuille		756 543,27
Coupons des parts bénéficiaires rachetées		144 888,70
		6 124 151,12

INFORMATIONS DIVERSES.

Les succédanés du platine. — Dans bien des applications, on substitue au platine le verre de quartz, qui a l'avantage d'être complètement inattaquable par les acides, sauf l'acide fluorhy-

drique, et de résister aux brusques variations de température; il a l'inconvénient d'être cassant et de mal conduire la chaleur. Un alliage formé de 90 parties d'or et 10 parties de platine jouit de toutes les propriétés de ce dernier métal dont il n'a pas cependant le point de fusion élevé; il est plus dur et plus résistant que l'or, mais se laisse plus difficilement travailler que l'or et le platine; c'est pour cette dernière raison que les appareils fabriqués avec cet alliage ont un prix de revient à peine un tiers plus faible que ceux en platine pur.

Tout récemment, la Maison Siemens et Halske a proposé le tantale comme succédané du platine au prix de 3 fr le gramme. Au-dessous de 200°, le tantale se comporte comme un métal noble, insensible à l'oxygène de l'air, à l'eau régale et en général à la plupart des acides; les solutions alcalines sont sans action sur lui, mais il est attaqué par les alcalis fondus. Chauffé à l'air, le tantale s'oxyde déjà au-dessous du rouge; à de plus hautes températures, il brûle en donnant de l'oxyde blanc; dans le vide, il peut être porté au blanc sans inconvénient. D'après des essais effectués par M. Brunck au laboratoire de chimie de Freiberg, en Saxe, sur l'emploi du tantale comme électrode pour l'électrolyse des sels métalliques, il résulterait que, dans tous les cas, il remplace complètement le platine comme cathode; mais comme anode, il ne convient plus du tout; car, dans l'électrolyse des sels métalliques il se recouvre pour ainsi dire instantanément, avant même qu'on remarque le moindre dépôt sur la cathode, d'une couche très adhérente d'oxyde bleu noir de tantale présentant l'éclat métallique et si mauvais conducteur qu'il ne passe plus aucun courant appréciable. On a sans doute ici l'oxyde Ta^2O^4 résistant même à l'eau régale et qui ne s'enlève que par grattage. C'est pourquoi il convient de recouvrir le tantale d'une gaine de platine pour l'employer comme anode; on régénère la cathode en dissolvant les dépôts métalliques dans des acides qui remettent le tantale à nu et prêt à servir pour une autre expérience.

A épaisseur égale, le tantale est moins flexible que le platine; comme il est 40 pour 100 moins cher et que sa densité n'est que 16,6 au lieu de 21,48 pour le platine, il y a une économie réelle à l'utiliser pour toutes les expériences d'électrolyse, même celles où l'électrolyte est constitué par une solution alcaline.

Sur la portée des ondes hertziennes. — Dans une communication récente sur l'état actuel de la télégraphie et de la téléphonie sans fil, M. Duddell envisage un problème qu'on peut poser sous la forme suivante : disposant d'une certaine puissance pour produire un signal, avons-nous intérêt à la transmettre par ondes lumineuses, par ondes hertziennes ou par ondes sonores? Voici ce qu'il dit à ce propos à ce propos :

D'après certaines expériences récentes de MM. Paterson et Dudding, une lumière de $\frac{1}{16}$ de bougie est près de sa limite de visibilité à 1 km; en vertu de la loi du carré des distances, ce chiffre correspond à une intensité lumineuse de 2560 bougies à 160,900 km ou 100 milles. Avec nos lampes à incandescence actuelles, cet éclairage nécessite une puissance de 2,5 kw.

En radiotélégraphie, pour franchir la même distance, il est d'usage d'établir une station d'environ 1,5 kw. Prenant les chiffres de Drysdale pour avoir la valeur de l'énergie radiante dans le spectre visible (environ 0,1 watt par bougie) notre source lumineuse émet de l'énergie d'une valeur d'environ 250 watts. Des chiffres très précis pour la valeur de radiation d'une antenne radiotélégraphique ne sont guère possibles, mais, en admettant un rendement définitif de 20 pour 100, la radiation de l'antenne est de 300 watts. Cela semblerait, par conséquent, présenter une remarquable analogie entre la sensibilité de notre œil, pour les radiations de courtes longueurs d'onde qui constituent la lumière, et la sensibilité de nos appareils récepteurs radiotélégraphiques pour les grandes longueurs d'ondes employées en télégraphie.

D'après les expériences de lord Rayleigh, si un diapason produit un son à raison de 42 ergs par seconde, il sera exactement entendu à une distance de 30 yards. Cela correspond à une source sonore provenant de 0,0056 watt et étant entendue à 1 km; ou en supposant qu'il n'y ait aucune absorption ni courbure des ondes sonores, de 143 watts à 100 milles.

Nous avons donc ce curieux résultat que s'il était possible d'émettre des radiations d'énergie d'une valeur donnée, soit comme ondes sonores, soit comme ondes lumineuses ou ondes hertziennes, nous pourrions les recevoir, approximativement, à la même distance au moyen de notre oreille, de notre œil ou des appareils radiotélégraphiques.

Association française pour l'Avancement des Sciences. — Parmi les conférences qui auront lieu cette année dans la grande salle de l'Hôtel des Sociétés savantes, 8, rue Danton, sous les auspices de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, nous signalerons celle de M. Fillet, ingénieur électricien, sur le *labourage électrique et la Culture des terres* qui aura lieu le mardi 11 février 1913, à 8 h 45 m précises du soir.

Concours général agricole 1913. — C'est le 17 février qu'ouvre ce Concours. Les applications de l'Électricité à l'Agriculture étant à l'ordre du jour des préoccupations des ingénieurs électriciens, on y trouvera sans doute de nouveaux modèles de machines agricoles actionnées par l'électricité. On y verra également une carte de France au $\frac{1}{500000}$ dressée par M. H. Bresson sur laquelle est indiqué l'emplacement de toutes les usines hydro-électriques servant à l'alimentation de réseaux publics de distribution d'énergie électrique; cette carte a été établie d'après les cartes partielles et les tableaux publiés par M. Bresson, dans *La Revue électrique* de 1908 à fin 1912.

Légion d'honneur. — Sont promus ou nommés :

Au grade d'officier : M. Monmerqué (Marie-Charles-Arthur), inspecteur général des Ponts-et Chaussées de 2e classe, inspecteur général des services du Contrôle des distributions d'énergie électrique. Chevalier du 13 juillet 1889; 38 ans de services.

Au grade de chevalier : MM. Charvin (Louis-Pierre-Alexandre), sous-directeur à la Direction des Services téléphoniques de Paris; 32 ans de services civils et militaires.

Chauvin (Raphaël-Fenelon-Odile), ingénieur civil à Paris. Inventeur-constructeur d'appareils de mesures électriques en usage dans l'industrie et les administrations publiques; 39 ans de pratique professionnelle.

Leprince-Ringuet (Félix-Adrien-Louis), ingénieur en chef des Mines, à Nancy, 20 ans de services.

Mazen (Antoine-Nathalis), ingénieur en chef adjoint à l'Administration des Chemins de fer de l'État, 25 ans de services.

Merceron (Gaston-Louis), directeur de la Compagnie meusienne de chemins de fer, président de l'Union technique des Chemins de fer d'intérêt local et tramways de France; 41 ans de services civils et militaires et de pratique professionnelle.

Association amicale des Ingénieurs électriciens. — Fondée le 24 janvier 1893, sur l'initiative de Franck Geraldy et de Sarcia, cette Association compte aujourd'hui plus de 300 membres. Pour célébrer dignement le 20e anniversaire de la fondation et l'admission du 300e membre une fête enfantine, à laquelle étaient conviés les enfants et petits-enfants des adhérents, a eu lieu dimanche dernier dans les grands salons du Palais d'Orsay à la suite du déjeuner mensuel qui, par exception, eut également lieu au Palais d'Orsay. Cette réunion toute intime a été des plus cordiales et des mieux réussies et nous sommes certain d'être l'interprète des membres de l'Association en adressant ici nos félicitations aux organisateurs de cette fête et au président de l'Association, M. Eugène Sartiaux.



Tome XIX. N° 220. — 21 février 1913

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Dans la Chronique du dernier numéro, nous signalions la publication récente du *Recueil des Constantes physiques*. D'après l'ordre chronologique d'apparition, nous aurions dû, depuis plusieurs mois déjà, rendre compte d'un Ouvrage analogue : les **Tables annuelles de Constantes et de Données numériques**.

De même que le Recueil, ces Tables ont pour but de venir en aide aux chercheurs en leur fournissant les données numériques nécessaires à leurs recherches. Mais tandis que le Recueil ne donne que des valeurs choisies entre celles qui ont été publiées, jusqu'ici, les Tables reproduisent toutes les valeurs trouvées dans les journaux et revues d'une même année. Tout en tendant au même but, les deux Ouvrages sont donc conçus dans un esprit nettement différent; ils se complètent néanmoins, les Tables, dont la publication est nécessairement périodique, fournissant les matériaux nécessaires à la revision des nombres du Recueil lors d'une nouvelle édition de celui-ci.

C'est pour répondre au vœu du 7ᵉ Congrès de Chimie appliquée que la publication de ces Tables a été entreprise. Un Comité international, comprenant les sommités scientifiques de chaque pays, fut formé en vue d'assurer la réalisation de ce projet. Grâce aux subventions fournies par les gouvernements, un très grand nombre de sociétés savantes et techniques, et quelques généreux particuliers, des fonds suffisants pour plusieurs années furent recueillis. Si l'on consulte la liste, arrêtée au 1ᵉʳ février 1912, on constate que la France a contribué dans une large mesure à donner à la publication la sécurité du lendemain qui lui était indispensable. D'ailleurs, c'est en France, à l'Institut de Chimie appliquée, que le Comité international a ses services administratifs, dans des locaux mis gracieusement à sa disposition par l'Université de Paris; et c'est à un chimiste français, M. Ch. Marie, qu'est échu le périlleux honneur de centraliser, comme secrétaire général du Comité international, les documents élaborés dans le monde entier et d'en assurer l'impression à l'imprimerie Gauthier-Villars.

Le premier volume de ces Tables a paru dans le courant de l'an dernier. Ce volume, de 722 pages du grand format $28^{cm} \times 22^{cm}$, contient des données dont la plupart sont du domaine de la Chimie ou de la Chimie physique. Mais l'ingénieur et le physicien y trouveront aussi des données numériques qui les intéressent spécialement dans divers chapitres, dont l'ensemble forme environ 260 pages, soit plus du tiers de l'ouvrage entier.

Ce premier volume se rapporte aux données numériques publiées dans plus de 300 journaux et revues, dans le cours de l'année 1910; le second volume, qui se rapporte à l'année 1911, est sur le point de paraître. Étant donnée l'importance matérielle de chacun de ces volumes, leur publication est

très rapide. M. Ch. Marie espère que, par l'expérience acquise, il lui sera possible de diminuer encore les délais de publication. Nous lui souhaitons d'y parvenir; mais, également par l'expérience acquise en près de vingt années de direction d'un journal technique, nous pouvons lui assurer que le résultat qu'il a obtenu est déjà fort enviable. Nous sommes, d'ailleurs, convaincu qu'il n'y est parvenu qu'en consacrant tout son temps à ce travail. Sachant, aussi par expérience, combien est ingrate la tâche qui consiste à faire profiter la majorité des travailleurs des résultats des recherches d'une minorité de chercheurs, à faire œuvre de vulgarisation en somme, nous lui adressons nos sincères félicitations pour être parvenu à la mener à bonne fin, et nous faisons le souhait qu'il conserve encore pendant plusieurs années son ardeur de néophyte pour donner à son œuvre la force vive nécessaire pour surmonter les obstacles qui pourraient surgir.

***

Les ingénieurs qui jusqu'à présent ont traité du calcul des stations radiotélégraphiques se sont presque toujours bornés à des considérations très générales sur la hauteur de l'antenne, la longueur d'onde et la puissance à mettre en jeu.

M. Shunkichi Kimura, dans un intéressant article intitulé : **Projet d'une station radiotélégraphique**, et dont nous donnons, pages 170 à 180, une analyse détaillée, s'est efforcé de combler cette lacune en soumettant la question à un calcul approfondi. Le problème consistait à déterminer la puissance à mettre en jeu à l'émission pour que la station réceptrice reçoive une fraction donnée de l'énergie rayonnée, en tenant compte de la dispersion, de l'absorption et de la réflexion que subit cette dernière avant de parvenir à destination.

En s'aidant des travaux dignes de foi de MM. Rüdenberg, Austin et Cohen, l'auteur a pu exprimer mathématiquement ces diverses causes de pertes et aboutir à une formule générale qui donne l'intensité du courant à faire passer dans l'antenne d'émission pour réaliser une portée donnée. Cette formule, toutefois, laisse indéterminé le choix de la longueur d'onde et de la hauteur des antennes; cette incertitude a été levée par une habile discussion de la formule générale, discussion qui met en évidence ce fait bien connu qu'il existe une longueur d'onde optimum pour une portée donnée, et qui, de plus, permet de déterminer cette longueur d'onde ainsi que la hauteur d'antenne. Après avoir précisé une condition que doit réaliser la construction des antennes en T, M. Shunkichi Kimura passe aux calculs concernant le système émetteur proprement dit; il étudie le rôle de la fréquence et de la tension d'étincelle à l'éclateur ainsi que l'énergie par étincelle et la capacité de la batterie. Il établit au moyen de ces différentes quantités la relation qui relie la puissance primaire à l'énergie dans l'antenne, ce qui est le but final du projet.



Récemment, dans la Chronique du 20 décembre, nous signalions le projet, lancé par le professeur Ostwald, de la création d'un Institut international de Chimie. En attendant la réalisation de ce projet, les Allemands organisent rapidement les instituts nationaux de recherches dont la création fut décidée au centenaire de l'Université de Berlin.

Une note, publiée page 197, donne quelques indications sur les trois **Instituts de recherches** qui viennent d'être ou seront bientôt inaugurés.

Leur création s'est trouvée imposée par une des conséquences du grand développement qu'a pris l'enseignement dans les Universités.

Autrefois, le professeur d'une Université avait de nombreux loisirs qu'il consacrait à des recherches personnelles; aujourd'hui, par suite de l'augmentation du nombre des élèves, par suite aussi du temps considérable que prennent les travaux pratiques de toutes sortes, il lui est devenu matériellement impossible de s'adonner à des recherches de longue haleine. Là, comme ailleurs, une division du travail a été nécessaire.

Cette division, si elle a des avantages incontestables, n'est pas sans inconvénients. Beaucoup de savants ne sont entrés dans l'enseignement que parce que cette carrière leur permettait de satisfaire leur goût des recherches tout en leur assurant, médiocrement il est vrai, l'existence matérielle. D'autre part, les connaissances nouvelles que ces travaux personnels permettaient au professeur d'acquérir, donnaient à son enseignement une plus grande autorité. Maîtres et élèves tiraient donc profit de la réunion de la recherche scientifique et de l'enseignement.

Ces considérations et d'autres du même ordre ont, d'ailleurs, été développées par les partisans de l'ancienne tradition; on en trouvera l'écho dans un article de M. Voigt sur la **Physikalisch-Technische Reichsanstalt**, dont un extrait est publié page 197. Malheureusement, elles n'empêcheront pas qu'il soit devenu impossible de mener de front la recherche scientifique et l'enseignement. Tout en le regrettant, M. Voigt reconnaît lui-même que la spécialisation est devenue aujourd'hui indispensable.

J. Blondin.



UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : 7, rue de Madrid, Paris (8e). — Téléph. { 549.49. 549.62.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité; Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité; Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Quatrième Bulletin bimensuel de 1913.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité de l'Union des Syndicats de l'Electricité du 8 janvier 1913.

Présents : MM. Guillain, président; Cordier, Eschwège, vice-présidents; Fontaine, secrétaire; Chaussenot, secrétaire adjoint; Beauvois-Devaux, trésorier; Berthelot, Boutan, Brylinski, Cance, Cotté, Godinet, F. Meyer, Paré, Pinot, Sartiaux, Sée, Zetter.

M. Guillain occupe le fauteuil de la présidence.

Il est rendu compte de la situation de caisse depuis la dernière séance.

Correspondance. — La Chambre syndicale des Entrepreneurs et Constructeurs électriciens a fait connaître la constitution de son Bureau pour l'année 1913. Il est donné acte de cette communication.

Le Syndicat professionnel de l'Industrie du gaz a précisé, par lettre du 18 décembre, la question dont il avait saisi le Comité de l'Union dans sa précédente séance. Cette question a été renvoyée au Comité du contentieux de l'Union.

Le Syndicat professionnel des Usines d'électricité demande à l'Union de contribuer, par une subvention de 300fr, aux frais des expériences qui vont être faites au laboratoire de la rue de Staël sur les câbles armés, en vue d'étudier la densité du courant que les câbles armés sont susceptibles de supporter sans détérioration. Le Comité accorde cette subvention.

Fixation du nombre de délégués de chaque Syndicat (art. 10 des Statuts). — Les Syndicats affiliés sauf deux, ont fait connaître le nombre de leurs délégués pour l'année 1913.

Ces délégués se répartissent comme suit :

Syndicat professionnel des Usines d'électricité	7
Chambre syndicale des Forces hydrauliques	3
Syndicat professionnel des Industries électriques du nord de la France	1
Chambre syndicale du Chauffage et de l'Éclairage par le gaz et l'électricité	1
Chambre syndicale des Entrepreneurs et Constructeurs électriciens	1

Les délégués pourront, en cas d'absence, se faire suppléer par des membres désignés à l'avance et agréés par le Comité.

Approbation des comptes de l'exercice 1912. — Le Comité de l'Union approuve les comptes qui ne comprennent pas encore le règlement de *La Revue électrique* pour l'année 1912. Ce règlement sera fourni pour la prochaine séance.

Budget de l'exercice 1913. — Les communications reçues des Syndicats affiliés relativement au budget et aux cotisations font prévoir que les recettes du fait des Syndicats ne seront pas inférieures à celles de 1912.

Le Comité de l'Union approuve le budget des dépenses.

Le budget en recettes sera arrêté définitivement dans la prochaine séance, quand seront connues avec précision les subventions des Syndicats affiliés.

Élection du Bureau (art. 10 des statuts). — Cette élection aura lieu à la prochaine séance.

Documents officiels. — Le Comité de l'Union prend connaissance des documents suivants :

Loi modifiant le troisième paragraphe de l'article 9 de la loi du 5 avril 1910 relative aux retraites ouvrières et paysannes (*Journal officiel* du 29 décembre 1912). Loi modifiant certaines dispositions du livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale relative à l'hygiène et à la sécurité des travailleurs (*Journal officiel* du 3 janvier 1913).

Poteaux types pour canalisations aériennes. — M. le Président a appris que l'Administration des Travaux publics se préoccupe de faire étudier des types esthétiques de poteaux de canalisations aériennes. Le Comité de l'Union, dans le but d'aller au-devant d'une initiative de l'Administration, charge une Commission d'étudier la question posée et de réunir les éléments d'un album des types de supports dont on pourrait conseiller l'emploi.

Traversée des frontières par des canalisations électriques. — La question de savoir s'il y a lieu d'imposer un droit de douane au courant électrique venant de l'étranger, est très complexe. Les intérêts qu'un droit de douane pourrait servir paraissent prépondérants sur certaines frontières, tandis que sur d'autres des intérêts industriels français très importants seraient lésés. M. le Président a appris que l'Administration des Travaux publics compte confier l'étude de ces points de vue divergents à une Commission interministérielle composée de représentants du Ministère des Travaux publics, pour

l'électricité, du Ministère des Finances, pour le fisc, du Ministère de la Guerre et d'industriels.

Taxes sur l'éclairage. — La Commission du budget n'a pas voulu statuer sans nouvelle étude sur l'article de la loi de finances relatif à cette taxe.

Le *Bulletin municipal officiel* du 14 décembre 1912, page 4741, donne le texte du vœu du Conseil municipal de Paris demandant qu'aucune taxe ou imposition nouvelle ne vienne frapper les consommateurs de gaz et d'électricité.

Retraites ouvrières. — Le Comité de l'Union prend connaissance de la Note arrêtée par la Section patronale des retraites ouvrières au sujet du projet de loi tendant à modifier l'article 23 de la loi sur les retraites ouvrières.

Controle des compteurs. — Le *Bulletin municipal officiel* du 7 janvier 1913, page 177, donne le texte du vœu adopté par le Conseil municipal de Paris, disant qu'il n'y a pas lieu d'adopter le poinçonnage par l'État des compteurs de gaz, d'eau et d'électricité. Ce vœu a été adressé à la Chambre de Commerce et en outre à toutes les Chambres syndicales du département.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue d'Édimbourg, 9.
Téléphone : **507-59**.

Quatrième Bulletin bimensuel de 1913.

Service de placement.

Nous rappelons à MM. les industriels, membres du Syndicat, que le service de placement est à leur disposition en vue de leur signaler des candidats, munis de références, pour les emplois qui seraient vacants dans leur Maison. Nous les prions, en conséquence, de bien vouloir nous signaler le personnel dont ils auraient besoin pour que nous les aidions à le trouver.

Extrait du procès-verbal de la séance de la deuxième Section du 20 janvier 1913.

Vérification des Tableaux des membres de la Section.

Élection du Bureau pour l'année 1913, ont été élus :
MM. Brunswick, président;
Casanova, vice-président;
Lens, secrétaire.

Date des réunions. — La Section décide que les réunions auront lieu, en principe, le premier mardi de la deuxième quinzaine de chaque mois ou le 15 du mois si ce jour tombe un mardi.

Unification des prises de courant. — M. Lens est chargé de présenter des conclusions sur cette question à communiquer aux intéressés et aux fabricants ayant des échantillons.

Marque syndicale. — La question est reportée, après enquête complémentaire à la séance prochaine.

Unification des dimensions de l'appareillage. — Continuation de l'examen préparatoire de la question.

Le Bureau de la deuxième Section fait le plus pressant appel aux membres adhérents pour les engager à assister où à se faire représenter régulièrement aux séances de la Section.

Le Secrétaire, Lens. *Le Président.* E. Brunswick.

Cotisations.

Afin d'éviter des frais de recouvrements, MM. les Membres adhérents du Syndicat sont priés de bien vouloir adresser leur cotisation de 1913 au Secrétariat qui leur en délivrera quittance signée du Trésorier.

Récompenses au personnel.

En vue du prochain banquet de l'Union, MM. les Membres adhérents qui auraient des candidats à présenter pour les différentes récompenses officielles, notamment *les médailles d'honneur du travail*, ainsi que pour *les médailles du Syndicat*, sont priés de se conformer strictement aux indications contenues dans la lettre circulaire qui leur a été adressée.

Nous attirons leur attention sur la nécessité absolue de nous faire parvenir les dossiers *complets et de suite*, toute demande en retard ne pouvant être suivie.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.
Téléphone : **225-92**.

Quatrième Bulletin bimensuel de 1913.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Commission technique du 11 janvier 1913.

Présents : MM. Eschwège, président du Syndicat; Tainturier, président de la Commission; Rieunier, vice-président; Fontaine, secrétaire général; Barris, Benoist, Bitouzet, Cousin, David, Lebaupin, Lecler, Martin, Nicolini, Orban, Paré, Della Riccia, Villiers.

Absents excusés : MM. Armagnat, Cotté, Mercier.

Applications agricoles de l'électricité. — M. Lecler rend compte à la Commission de ce qui a été fait depuis la dernière séance en vue de l'exposition au Concours général agricole. L'installation électrique et mécanique, y compris la fourniture des moteurs électriques, seront faites par la Compagnie de Locations électriques, qui en soumettra au préalable le devis au président du Syndicat.

M. Eschwège signale qu'à Pontoise aura lieu prochainement un concours agricole, où les appareils travaillant

réellement seront actionnés par des moteurs électriques à courant diphasé, fréquence 42. Cette question, pouvant intéresser la Commission, sera reprise à la prochaine réunion.

CAHIER DES CHARGES DE RÉCEPTION DES ISOLATEURS. — La Sous-Commission composée de MM. Bitouzet, Cotté, Lebaupin, Schlumberger, doit se réunir le 13 courant pour étudier ce cahier des charges.

POSTES DE TRANSFORMATEURS. — Le rapport de M. Bitouzet a été renvoyé à l'étude d'une Sous-Commission.

CAHIER DES CHARGES SUR LES INTERRUPTEURS A HUILE. — M. Orban sera joint à MM. Chevrier et Cotté pour l'étude de ce cahier des charges. Sur la demande de M. della Riccia, la question sera étendue également aux relais et aux relais différentiels.

Au sujet de l'inflammabilité de l'huile, M. Martin expose à la Commission les essais qui ont été faits. Il en résulte que l'huile portée à une température suffisante pour lui permettre de brûler, puis enflammée, s'éteint spontanément au bout d'un temps variant de 3 à 5 minutes, à condition qu'elle ne soit pas en contact avec des corps poreux qui font alors office de mèches, et entretienne la combustion.

Des essais complémentaires sur ce même sujet, vont être faits de différents côtés.

Sur une question de M. Bitouzet, M. Barris préconise l'emploi du câble au lieu du fil pour les lignes aériennes de 10 à 50 mm² de section. Le câble a l'avantage d'être d'une pose plus facile et, dans le cas de rupture d'un toron, n'arrête pas le service. La Compagnie des chemins de fer du Nord qui emploie le câble pour de telles sections, s'en montre tout à fait partisan.

M. Eschwège fait part à la Commission du vœu formulé par l'Union des Syndicats de voir étudier le type des poteaux employés pour en constituer un album utile aux adhérents. Les membres qui connaissent des modèles pratiques comme force et prix, seront priés de bien vouloir en communiquer des photographies. Cette question est la suite d'une communication faite à la Chambre syndicale au mois de juillet dernier.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 1er février 1913.

Membres actifs.

MM.

CORRÉARD (Louis), usine d'électricité de Clelles (Isère), présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

MARCHENA (E. DE), 160, boulevard Malesherbes, Paris, présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

MARISCHAL (Omer), directeur de la station électrique de Saint-Dié, rue de la Meurthe, Saint-Dié (Vosges), présenté par MM. Joubert et Foex.

MIARD (Fernand), ingénieur à la Compagnie d'électricité de l'Ouest-Lumière, 3, quai National, Puteaux (Seine), présenté par MM. Aubert et Rieunier.

PRAT (Marcel), ingénieur à la Société Énergie électrique de Meuse et Marne, 37, rue Lereux, Ligny-en-Barrois (Meuse).

Membres correspondants.

MM.

BORINGE (Hélion DE), ingénieur chef du service commercial de la verrerie de Folembray, 4, rue Rigaud, Neuilly-sur-Seine (Seine), présenté par MM. Eschwège et Paré.

CONRAD (Georges), ingénieur E. C. P., directeur de la verrerie de Folembray, Folembray (Aisne), présenté par MM. Eschwège et Paré.

LAVAUD (Louis), monteur électricien, Compagnie départementale d'Énergie électrique, secteur de Montignac (Charente), présenté par MM. Petiteau et Fontaine.

REVELLAT (Bernard), dessinateur, 14, rue Christiani, Paris, présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

Usines.

Compagnie de production et de distribution d'énergie, 7, place Lévis, Paris.

Le Thérain Electric, 1, rue d'Argenson, Paris.

Usine électrique de Clelles (Isère).

Bibliographie.

1° Collection complète des Bulletins de 1896 à 1907;

2° Loi du 9 avril 1898, modifiée par les lois des 22 mars 1902 et 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail;

3° Décrets portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 9 avril 1898;

4° Circulaire ministérielle du 24 mai 1911, relative aux secours à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs d'énergie électrique (affiche destinée à être apposée exclusivement à l'intérieur des usines et dans leurs dépendances);

5° Circulaire analogue à la précédente (affiche destinée à être apposée à l'extérieur des usines, à la porte des mairies, à l'intérieur des écoles et dans le voisinage des lignes à haute tension);

6° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray;

7° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs;

8° Rapport de la Commission des compteurs, présenté au nom de cette Commission par M. Rocher au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903;

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations, comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Jurisprudence et contentieux. — Procès-verbal du Comité consultatif du 13 janvier 1913, p. 199.

Chronique financière et commerciale. — Nouvelles Sociétés, p. XXIX. — Modifications aux Statuts et aux Conseils, p. XXXIX. — Premières nouvelles sur les installations projetées, p. XLI, — Demandes d'emplois p. XLI.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Recherches expérimentales et théoriques sur la commutation dans les dynamos à courant continu (*suite*) (1).

II. Principe et schéma de nos essais sur le contact. — Pour étudier séparément l'action des contacts, nous avons imaginé un appareil constituant une sorte de dynamo artificielle, avec deux dérivations, qui débitent sur un circuit extérieur, à travers un collecteur et un balai, tantôt *directement*, tantôt *à travers une section* : on reproduit ainsi les phénomènes de la commutation dans une section, au moyen d'un collecteur et d'un balai, sans champ inducteur ni champ induit.

L'appareil est constitué principalement par un commutateur tournant C (*fig.* 9), analogue à celui d'Arnold et de Liska, comprenant un nombre pair de lames (douze dans le cas particulier), les lames impaires étant toutes reliées à une bague B_1 et les lames paires à une bague B_2; ces bagues sont montées sur le même arbre et portent deux frotteurs principaux F_1 et F_2.

Deux batteries d'accumulateurs semblables E_1 et E_2, comprenant le même nombre d'éléments (30), sont réunies en un point H, par leur pôle de même nom, négatif par exemple; les autres pôles sont connectés séparément à deux bornes principales G_1 et G_2, qui constitueront les extrémités de la section artificielle fixe à étudier. Dans chacune de ces connexions, on place un interrupteur D_1 ou D_2, une résistance r'_1, permettant de relever avec l'oscillographe bifilaire O_2 le courant dans la dérivation correspondante; une résistance d'équilibrage R'_1 et une bobine de self-induction $\mathcal{L}'_1$.

La section $G_1 G_2$ comprend la bobine d'intensité O_1 d'un oscillographe à fer doux Blondel, une résistance amovible r et une self-induction également amovible $\mathcal{L}$, ces deux valeurs r et $\mathcal{L}$ pouvant être choisies à volonté (pour simplifier, nous désignerons par r la valeur de la résistance totale comprise entre G_1 et G_2).

Les extrémités G_1 et G_2 de la section sont reliées aux frotteurs principaux F_1 et F_2; sur le collecteur repose, à la partie la plus haute, le balai B (à étudier), dont la longueur périphérique doit être inférieure à la largeur d'une lame et qui forme le pôle positif K de la dynamo artificielle.

Entre les bornes extrêmes H et K est intercalé un circuit extérieur d'utilisation comprenant une self-induction $\mathcal{L}_3$, un rhéostat R_3, un interrupteur D et une petite résistance fixe r', pour mesure oscillographique.

Le plus généralement, l'oscillographe bifilaire O_2 est branché avec une résistance convenable r_2 entre un point du balai B au voisinage du contact et, par l'intermédiaire du commutateur γ, à l'un ou l'autre de deux frotteurs auxiliaires F'_1 et F'_2, reposant sur les bagues B_1 et B_2, de façon à enregistrer la d. d. p. entre l'une des séries de lames (paires ou impaires) et le balai B. Un commutateur permet d'étudier avec le bifilaire la tension entre lames ainsi que le courant dans les dérivations et dans le circuit extérieur (grâce aux résistances r'_1, r'_2 et r'); ce commutateur n'est pas représenté sur la figure pour ne pas la compliquer inutilement.

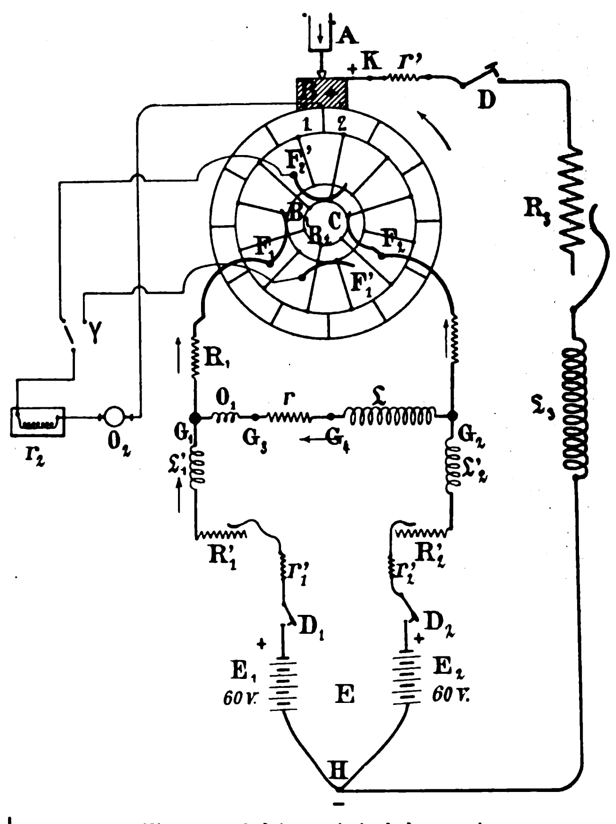


Fig. 9. — Schéma général des essais de commutation artificielle (système spécial de l'auteur).

L'arbre sur lequel sont clavetés le collecteur et les bagues est commandé (*fig.* 10), à gauche, par un moteur M à courant continu, alimenté par une batterie d'accumulateurs, avec excitation indépendante; il se termine à droite par un petit alternateur A, à 12 pôles, triphasé, servant à fournir le courant nécessaire pour l'entraînement du moteur synchrone de l'oscillographe Blondel; la rotation se fait dans le sens de la flèche tracée sur le flasque intérieur du moteur.

Examinons maintenant le fonctionnement du système.

(1) A. Mauduit. Communication faite à la séance du 4 décembre de la Société internationale des Électriciens. Voir *La Revue électrique* du 7 février, p. 117-123.

Le collecteur étant en marche à une vitesse quelconque, considérons un instant un peu antérieur à celui qui correspond à la figure 9 et où le balai B ne porte que sur la lame 1 : alors le courant J de la batterie E_1 passe directement par le frotteur F_1, la bague B_1, la lame 1 et le balai, au circuit extérieur, tandis que le courant J de la batterie E_2, ne pouvant passer par la lame 2 qui ne touche pas le balai, se rend au circuit extérieur en traversant la ection dans le sens G_2 G_1 et enemprusntant à partir du point G_1 le même chemin que le courant de la dérivation précédente. Il en est ainsi tant que le balai B ne touche que la lame 1. Dès que la lame 2 arrive sous le balai, une portion du courant de la dérivation 2 se rend directement au balai par F_2 B_2 et la lame 2, et le courant dans la section qui était au préalable J, diminue de la quantité $J - i$ qui passe par la lame 2; de même le courant dans la lame 1, qui était au début 2 J, n'est plus que $J + i$. Sous l'action des résistances de contact, et d'après les résistances r et R'

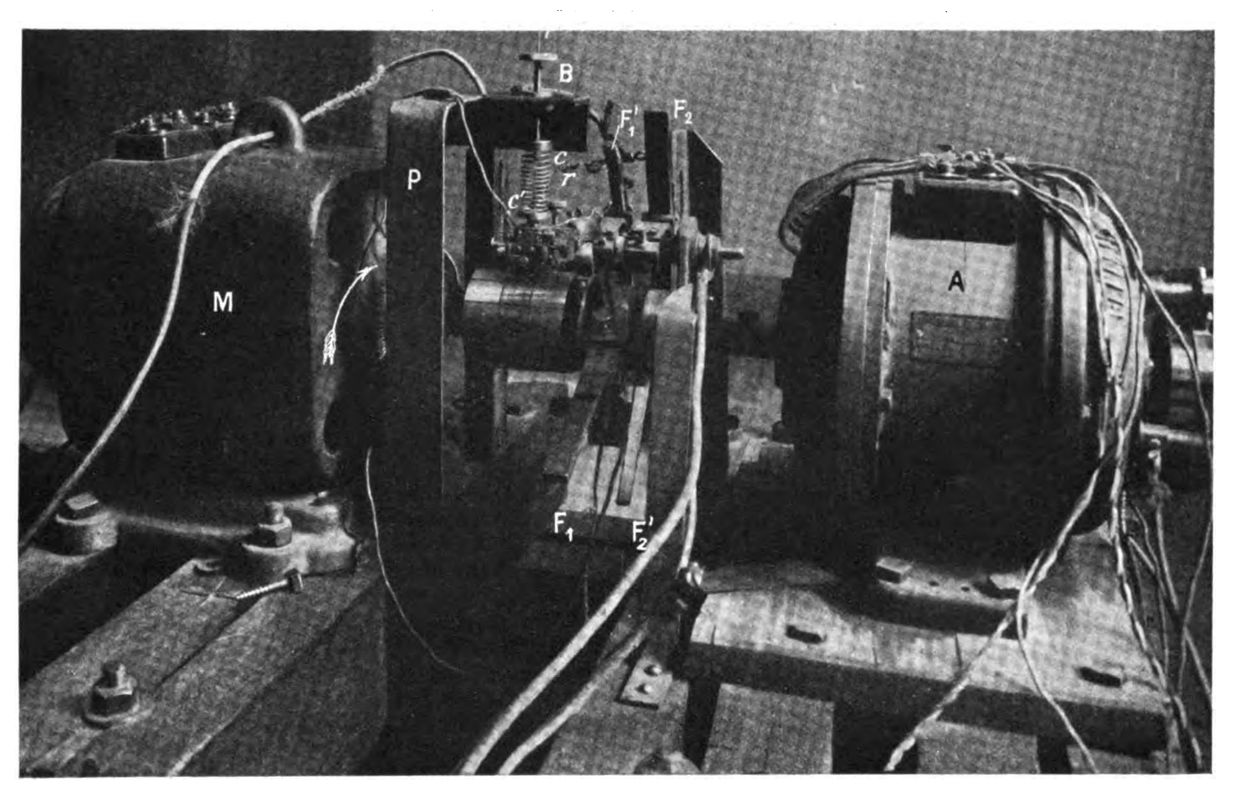


Fig. 10. — Groupe d'essais.

de la section et des connexions et la self-induction $\mathcal{L}$ de cette section, les courants se répartissent sous les lames 1 et 2 suivant une certaine loi; de même le courant i varie dans la section pour atteindre finalement la valeur $-J$, quand la lame 1 a quitté le balai et a été remplacée par la lame 2; le processus recommence alors en sens inverse, le courant 2 J passant par la lame 2, une moitié venant directement de E_1, l'autre moitié venant de E_2, à travers la section, dans le sens G_1 G_2.

Quand la troisième lame arrive à son tour sous le balai, comme elle est reliée à la lame 1, le renversement du courant se reproduit en sens inverse dans la section, comme si la lame 1 rentrait elle-même sous le balai.

Le renversement du courant dans la section se produit donc exactement comme dans une dynamo, à cette différence près que chaque groupe de lames, paires et impaires, joue à son tour le rôle de première et de dernière lame de la section, et qu'il se produit dans cette section des inversions alternativement de sens différent.

Comme il n'y a ici aucune f. é. m. provenant d'une action extérieure, on a toute facilité pour étudier les phénomènes au contact en présence de résistance et de self-induction fixes et bien connues; on peut naturellement supprimer la self-induction et étudier la commutation sur résistance pure, ce qui est d'un grand intérêt; on peut même, par un artifice simple, introduire dans la section une f. é. m. extérieure d'allure exactement connue et mettre en évidence le rôle du champ de commutation.

En changeant les pôles de la batterie, on peut étudier à volonté un balai négatif ou un balai positif.

La figure 11 donne, à titre d'exemple, une courbe du courant i dans la section, ainsi relevée (cas d'une commutation dans une résistance ohmique pure). Les parties plates de la courbe correspondent au temps pendant

lequel le balai ne touche qu'une lame. La courbe ε représente la d. d. p. entre une lame et le balai. Ces courbes seront étudiées plus loin. Les temps portés en abscisses sont comptés positivement de gauche à droite, sauf indication contraire.

Expliquons maintenant le rôle des résistances R'_1 et R'_2 et des selfs-inductions $\mathcal{L}'_1$, $\mathcal{L}'_2$ et $\mathcal{L}_3$. Les résistances R'_1 et R'_2 (*fig.* 9) servent à équilibrer le courant débité par ces deux dérivations 1 et 2, dans le cas où les deux batteries ne seraient pas rigoureusement au même état de charge : en général, l'une d'elles est au court circuit et l'autre intercalée dans la dérivation qui tend à débiter un courant trop fort; on la règle de façon que les deux paliers de la courbe i (*fig.* 11) soient équidistants de l'axe des temps.

La chute ohmique dans la section est toujours faible ($<$ 1 volt) par rapport à la chute de tension dans le reste du circuit, aussi y a-t-il peu d'écart entre les courants

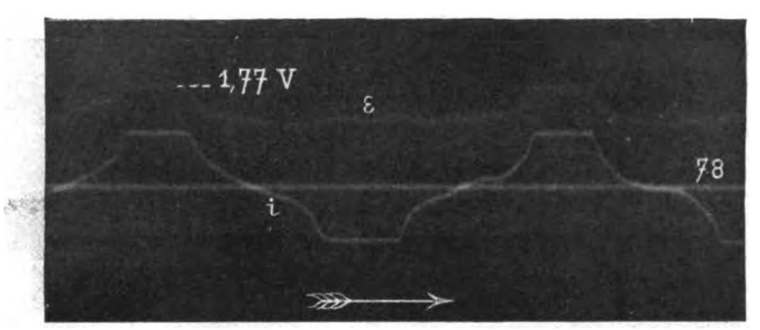


Fig. 11. — Exemple de commutation sur résistance ohmique pure.

dans la dérivation qui débite directement sur le balai et dans celle qui passe par la section, pendant que le balai reste sur une même lame; mais, pendant la commutation, quand il se produit des étincelles, la tension entre la lame et le balai atteint instantanément des valeurs importantes (5 à 10 volts, et même plus) et le courant diminuerait alors notablement dans la dérivation correspondante, s'il n'y avait pas dans ces dérivations des bobines de self qui s'opposent suffisamment à toute variation du courant.

Par un choix convenable des résistances et des selfs, on peut réaliser une constance du courant avec la même approximation que dans les dynamos (*voir* plus haut les remarques de Riebesell et Rüdenberg).

III. Description des appareils. — *Ensemble du montage.* — La figure 12 donne une vue d'ensemble du dispositif utilisé : en bas, au premier plan, le moteur M et le reste du groupe principal, représenté en détail dans la figure 10; à gauche sur la petite table, les bornes G_3, G_1 et G_2 de la section, sur lesquelles est montée la résistance en boudins de maillechort r (les résistances ou selfs à intercaler dans la section se branchent en G_2 et G_3, comme on le voit sur la figure d'ensemble 9), et l'oscillographe Blondel O (dont on n'aperçoit qu'une petite partie); sur la grande table, en γ les commutateurs pour l'oscillographe; $\mathcal{L}$ la self-induction de section; l et s, des bobines pour l'introduction d'une f. é. m. dans la section; ρ, le rhéostat de démarrage du moteur; en D, sont les godets de mercure servant d'interrupteurs, les résistances de mesure et l'ampèremètre du courant total dans le circuit extérieur.

En R_3 est le rhéostat de charge, à trois branches indépendantes qu'on peut coupler en parallèle ou en série, en nombre facultatif (nous avons aussi utilisé d'autres rhéostats dans certains cas); les résistances d'équilibrage R'_1 et R'_2 sont constituées par des boudins de maillechort de grand diamètre (de divers modèles) tendus entre la table et les bobines de self $\mathcal{L}'_1$ et $\mathcal{L}'_2$.

ρ' est un rhéostat de champ du moteur M ; *m* est un moteur diphasé dont le primaire a servi de bobine de self dans certains essais; L, L' et L'' sont des lignes d'amenée venant de diverses batteries d'accumulateurs : la connexion H était faite aux accumulateurs mêmes, et les trois fils de L reliaient les points D_1, H et D_2 du schéma de la figure 9, aux appareils.

Commutateur tournant. — C'est un collecteur à 12 lames, dont le diamètre est de 88,2 mm; chaque lame est formée en réalité de deux lames de cuivre assemblées jointives avec une précision telle qu'on ne voit pas la ligne de raccordement; l'isolant, d'une épaisseur de 0,7 mm, est en mica tendre spécial.

L'ensemble constitué par une lame et un isolant a un développement de 23,1 mm, dont 22,4 mm pour la lame et 0,7 mm pour l'isolant.

Les lames sont reliées alternativement aux deux bagues par l'intermédiaire des deux cercles concentriques, nettement visibles sur la figure 10.

Chaque bague, en cuivre rouge, porte deux frotteurs en toile de laiton, un frotteur principal plus large F_1 et F_2 pour l'amenée du courant, et un frotteur auxiliaire F'_1 et F'_2 pour la prise de tension pour l'oscillographe; chaque frotteur auxiliaire est monté sur le tourillon du frotteur principal opposé, mais il en est isolé par une double feuille de papier fort.

Balais et porte-balais. — Pour les essais avec balais métalliques, nous avons utilisé les types courants de porte-balais à ressort. Mais, pour les balais de charbon, nous avons eu recours, malgré ses inconvénients, au porte-balai à glissière.

Après de nombreux tâtonnements, qui ont porté sur les trois premières séries d'essais, nous nous sommes arrêté au modèle représenté en A dans la figure 13, et

Fig. 12. — Ensemble du dispositif d'essais.

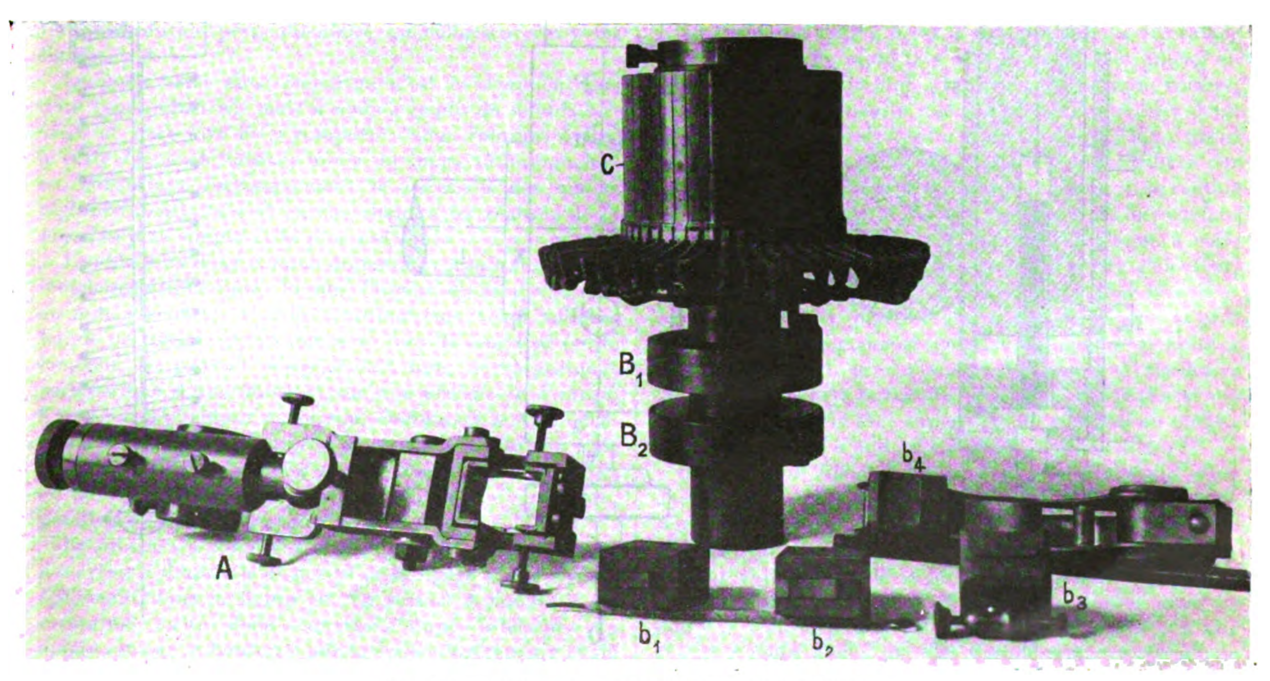


Fig. 13. — Collecteur, porte-balai spécial et blocs.

dont le détail est donné dans la figure 14 : *a*, coupe verticale et *b*, plan. Il est tout en laiton.

Le porte-balai se compose d'une glissière B avec un évidement pour laisser passer les vis de prise de courant du bloc; cette glissière est mobile autour de deux petits tourillons horizontaux *a*, *a'* fixés dans un cadre A; la glissière est maintenue dans la position choisie par deux vis de butée *d* et *d'*.

Fig. 14. — Porte-balai spécial à glissière et réglages multiples : *a*, coupe verticale; *b*, plan.

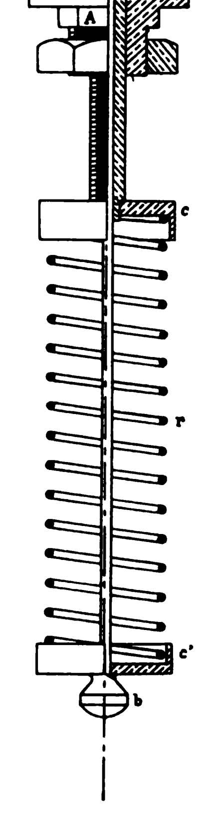


Fig. 14 *bis*. — Ressort du porte-balai spécial.

Ses dimensions intérieures sont : longueur, 30 mm; largeur, 20 mm. Elle est évidée en courbe vers le bas pour permettre de la placer très près du collecteur.

Les petites vis, au nombre de trois, c et c', placées en bout, servent à régler le frottement du bloc de charbon, dont les dimensions varient légèrement d'un bloc à l'autre.

Le cadre A, rigidement fixé au cadre C par les vis e, e', est mobile avec lui autour de l'axe bb', porté par la tige plate D, au moyen d'un fourreau : les vis de butée f, f' permettent d'immobiliser le cadre dans la position voulue.

La tige plate D repose à son tour sur un piston E par l'intermédiaire d'un axe vertical hh', autour duquel elle peut tourner; les vis de butée k, k' servent à la fixer dans la position voulue.

Enfin le piston E peut glisser dans un cylindre F sous l'action d'une vis micrométrique H, maintenue en place par la plaque G, fixée au cylindre par la vis m; deux vis l, l' de guidage, dans une rainure du piston, l'empêchent de tourner dans son déplacement.

Le cylindre F est brasé sur le coussinet K, fixé par des vis de pression sur le tourillon L; ce tourillon est disposé horizontalement entre deux pieds-droits en fer cornière, tirefonnés sur les traverses qui portent le reste du groupe.

Le bloc de charbon a été rodé au préalable, comme il sera expliqué plus loin, au diamètre exact du collecteur (à $\frac{1}{10}$ mm près); pour le placer en coïncidence exacte avec la surface cylindrique du collecteur, lorsqu'il a été disposé à frottement doux, sans jeu dans la glissière, on dispose de quatre réglages, grâce au porte-balai ci-dessus décrit : rotation autour de l'axe horizontal aa' sensiblement perpendiculaire à l'axe du collecteur, rotation autour de l'axe horizontal parallèle au collecteur bb', rotation autour de l'axe vertical hh' et translation suivant la direction horizontale perpendiculaire au collecteur, axe des figures a et b.

Le porte-balai ainsi constitué n'est évidemment pas d'un type industriel, mais il nous a rendu de grands services et s'est fort bien comporté; nous sommes arrivé à cette forme définitive, après de longs tâtonnements, en constatant successivement la nécessité des quatre réglages mentionnés et en cherchant à les réaliser de la façon la plus simple et la plus pratique.

Les blocs avaient comme dimensions approximatives : longueur périphérique, 30 mm; largeur, 20 mm; hauteur, 40 mm. On ne les a utilisés ordinairement que sur une bande de contact de 16 mm à 20 mm de longueur (cette longueur ne pouvait dépasser 22,4 mm, développement périphérique d'une lame) et sur une largeur de 5 mm à 8 mm, en les taillant en biseau, comme on le voit en b_1 et b_2 sur la figure 13. La prise de courant sur le balai était réalisée au moyen de deux cosses serrées dans un boulon en laiton traversant le charbon à sa partie supérieure, parallèlement au collecteur.

La pression d'appui sur le bloc est obtenue au moyen d'un ressort d'après le dispositif de la figure 14 *bis*, visible également dans la figure 10. Le ressort à boudin r est comprimé entre deux cuvettes, l'une inférieure c', appuyant par le bouton b sur le centre légèrement évidé de la face supérieure du bloc, et portant une tige mince d'acier p qui traverse verticalement tout le système, l'autre c maintenue contre l'extrémité de la tige d'une vis micrométrique B passant dans un écrou A serré sur un portique fixé aux traverses portant le groupe : la quantité dont la pointe p dépasse la face supérieure de la vis B fournit une mesure facile de la compression du ressort, et l'on obtient immédiatement l'effort total agissant sur le charbon en ajoutant à la tension du ressort, déduite par un étalonnage simple de la longueur dépassante de la tige, le poids de l'ensemble formé par les deux cuvettes, la tige, le ressort et le bloc.

Rodage des blocs et ajustage sur le collecteur. — Nous avons commencé par roder les blocs sur une meule cylindrique en bois portant de la potée d'émeri collée avec un enduit spécial et pour éviter la formation de rayures cylindriques dans le bloc, la meule était montée sur le chariot d'une petite limeuse et se déplaçait à la main sous le bloc maintenu dans une glissière.

Nous nous sommes vite aperçu que le rodage ainsi obtenu était défectueux et donnait une surface de révolution dont la section méridienne, au lieu d'être rectangulaire, présentait une forme légèrement bombée; le résultat était dû aux déplacements dans la glissière du bloc entraîné longitudinalement avec la meule grâce au léger jeu inévitable entre la glissière et le bloc.

Pour supprimer cet inconvénient, il fallait roder le bloc sans déplacer la meule, et par suite utiliser une meule assez fine pour ne pas produire de rayures circulaires dans le charbon.

Le dispositif de rodage comprenait (*fig.* 15) trois meules commandées par un petit moteur à courant continu, avec réduction à friction, tournant ainsi à une vitesse d'approximativement 500 t : m; les meules disposées sur le plateau d'une petite limeuse pouvaient être amenées sous la glissière de rodage fixe.

La meule du milieu β est à gros grains et a été taillée à la molette : elle mord très énergiquement et amène en quelques secondes le bloc à la forme cylindrique voulue; le rodage se fait ensuite avec l'une ou l'autre des deux meules α et γ; la meule α est à grain fin, la meule γ à grain plus gros, mais elles ont été toutes les deux taillées par meulage, et elles rodent et ne mordent plus : on se servait plus généralement de la meule α, qui donnait une surface brillante mais non glacée, absolument analogue à celle que produit le frottement *très prolongé* sur le collecteur.

Quand le bloc est rodé, il faut le poser sur le collecteur et, grâce aux quatre réglages du porte-balai, le problème est théoriquement possible; l'expérience nous a montré qu'il est pratiquement laborieux à résoudre. Nous avons facilité beaucoup l'ajustage, en nous servant comme repère de la face supérieure du charbon au moyen d'un petit niveau à bulle d'air de précision Belliéni.

Oscillographe Blondel. — Au début de nos essais, nous ne disposions que de l'oscillographe double Blondel, modèle à fer doux de Carpentier, de 1900. La première série d'essais ayant montré que le relevé de tensions aussi rapidement variables et de faible valeur nécessitait l'emploi de l'oscillographe bifilaire, M. Blondel, auquel nous ne saurions trop exprimer ici notre reconnaissance, a fait exécuter pour nous, par M. Camillerapp, constructeur au Raincy, un oscillographe bifilaire adaptable à la place d'un des appareils à fer doux de notre oscillographe

double; de sorte que nos séries d'essais, sauf la première, ont été réalisées avec un oscillographe mixte, comprenant un équipage bifilaire et un équipage à fer doux. La sensibilité du bifilaire, ainsi placé dans un appareil à aimant permanent, est plus faible que celle des bifilaires les plus parfaits à électro-aimant, mais elle a été bien suffisante pour nos besoins.

Section d'essai. — La section $G_1 G_2$ (*fig.* 9) comporte

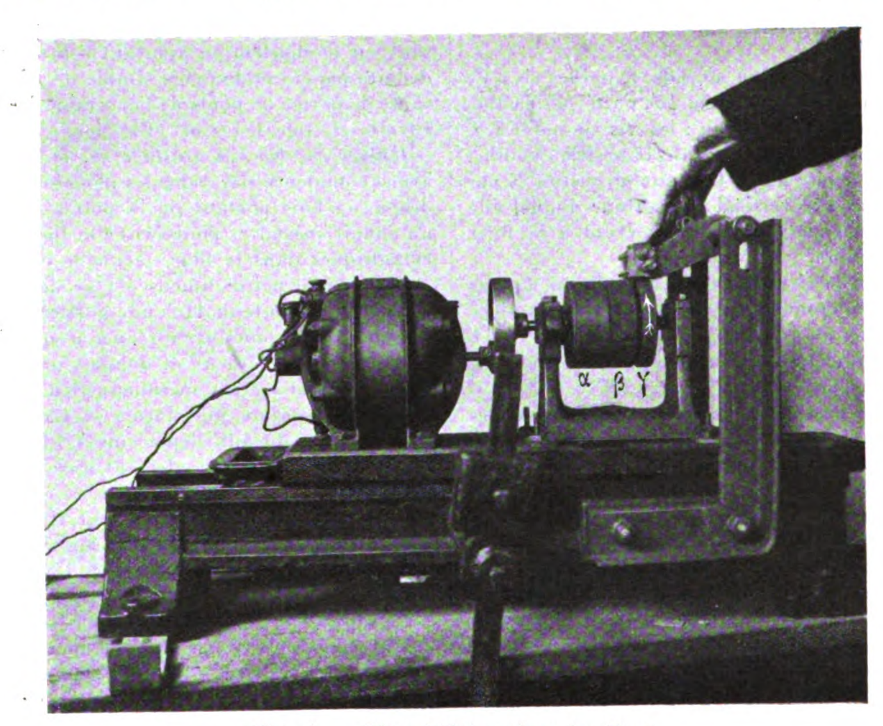


Fig. 15. — Dispositif de rodage des blocs.

la bobine d'oscillographe avec ses connexions aux deux bornes G_1 et G_3; on y ajoute à volonté une résistance ohmique ou une bobine de self-induction.

Les résistances ohmiques utilisées sont constituées par des boudins de maillechort de résistances 26 m Ω, 56 m Ω et 120 m Ω.

La bobine de self-induction graduée, visible en $\mathfrak{L}$ (*fig.* 12), est constituée de quatre galettes en lames de cuivre comprenant, les deux premières, 20 spires, et les deux dernières, 25 spires chacune; en utilisant deux quelconques des fils de liaison A, B, C, D et F, on a diverses valeurs de la self-induction et de la résistance; ces valeurs sont consignées dans le tableau ci-après (elles ont été mesurées par la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre, avec du courant alternatif à 400 périodes par seconde) :

	Bobines						
	AB.	DF.	AC.	CF.	AD.	BF.	AF.
Résistance en m Ω......	39	49	70	90	123	133	168
Self-induction en μ H..	84	135	305	480	670	860	1310

(*A suivre.*)

A. MAUDUIT.

Utilisation du fraisil des boites à fumée des locomotives à la production de la force motrice. — Le fraisil des boîtes à fumée est un combustible d'une certaine valeur, puisque son pouvoir calorifique est de 4500 à 6000 calories. Malheureusement, son utilisation présente de sérieuses difficultés et, malgré de nombreuses tentatives, on n'était parvenu jusqu'à présent à aucun résultat pratique.

D'après un article de M. A. SCHUBERT, ingénieur, inspecteur aux Chemins de fer du Nord français, article publié dans la *Rivista tecnica delle Ferrovie italiane* du 15 décembre, pages 383-390, la Société J. Pintsch, de Berlin, serait récemment parvenue à surmonter complètement ces difficultés en gazéifiant le fraisil dans un gazogène dont la description détaillée est donnée dans l'article.

Les Chemins de fer de l'État prussien possèdent à l'heure actuelle plusieurs installations de ce genre, destinées à la production de l'énergie électrique pour l'éclairage de quelques gares et ateliers de réparation.

La consommation moyenne de fraisil est, dans ces installations, de 1,5 à 1,6 kg par kilowatt-heure.

Les dépenses des deux premières installations du système sont montées à 1097 fr et 1305 fr respectivement par kilowatt.

Les dépenses d'exploitation ont été de 0,0325 et 0,055 fr par kilowatt-heure, sans les frais d'amortissement et intérêts.

M. Schubert donne des renseignements détaillés sur le fonctionnement, entretien et réparation de ces gazogènes.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

MOTEURS.

Une nouvelle machine pour compenser le décalage des moteurs d'induction mono- et polyphasés (1).

Le fonctionnement d'une station centrale dont le facteur de puissance est peu élevé et qui, par conséquent, fournit une grande puissance magnétisante, est toujours peu économique, parce qu'il n'est pas possible d'utiliser complètement la puissance des machines, limité qu'on est par l'échauffement de ces dernières. Cet inconvénient se reporte sur l'ensemble de l'installation (y compris la chaufferie), si, dans le projet de la station on s'est basé sur des conditions de charge différentes de la réalité; ce qui arrive le plus souvent.

La cause principale de l'abaissement du facteur de puissance est la présence sur le réseau des moteurs d'induction. Il est donc absolument nécessaire de demander à ceux-ci de fonctionner avec le facteur de puissance le plus élevé possible, si l'on ne veut pas avoir recours à l'un des artifices préconisés pour créer une force électromotrice décalée en avant et compensant le décalage arrière produit par l'ensemble des moteurs asynchrones fonctionnant sur le réseau.

En Amérique, on utilise beaucoup dans ce but les moteurs synchrones surexcités; mais ce système conduit toutefois à des connexions compliquées et présente, de plus, l'inconvénient de favoriser les risques de décrochage.

En réalité, on préférerait de beaucoup utiliser dans tous les cas le moteur asynchrone s'il était possible de créer dans le réseau une force électromotrice de compensation décalée en avant. C'est précisément ce que permet la compensation par compensateurs séparés.

Remarquons de plus que ce dernier système est également très avantageux pour la construction même des moteurs d'induction. Avec de tels moteurs à vitesse lente établis en tenant compte de la compensation du décalage, il est possible d'arriver à une diminution de poids de 10 à 20 pour 100. L'installation complète, y compris le compensateur, est en général d'un poids moins élevé que le moteur normal et l'augmentation de prix due à la présence du compensateur peut être largement compensée par l'amélioration du facteur de puissance de l'installation totale.

La diminution de poids indiquée ci-dessus provient du fait que, pour les gros moteurs d'induction à vitesse lente, fonctionnant à la fréquence de 50 périodes, la plus généralement employée, il n'est pas possible de pousser jusqu'à la limite la capacité d'échauffement des matériaux parce qu'il faut prévoir un dimensionnement plus large pour tenir compte du facteur de puissance.

La puissance absorbée par un moteur d'induction polyphasé peut approximativement s'écrire de la façon suivante, en transformant légèrement la formule connue d'Arnold, et en admettant un facteur de bobinage égal à 0,96 :

$$(1) \quad KW = \frac{1}{9} \times D^2 \times l \times AS_r \times B_l \times n \times 10^{-11},$$

D est le diamètre actif du rotor, l la longueur active du fer, tous deux en centimètres; AS_r les ampères-tours par centimètre à la périphérie du rotor; B_l, l'induction dans l'entrefer et n le nombre de tours par minute.

La puissance magnétisante empruntée au réseau par seconde pour créer le champ principal (abstraction faite de la dispersion), en admettant que les champs sont strictement sinusoïdaux peut approximativement s'exprimer par la formule :

$$(2) \quad KVA_M = 7,9 \times B_l^2 \times D \times l \times c \times \delta\varepsilon \times 10^{-11};$$

$\delta\varepsilon$ est la largeur simple de l'entrefer, corrigée pour tenir compte de l'aimantation du fer; $\delta\varepsilon$ est exprimé en centimètres; tandis que c représente le nombre de périodes par seconde.

La tangente de l'angle de décalage s'exprime alors approximativement par :

$$(3) \quad \text{tang}\,\varphi = \frac{KVA_M}{KW} = 70 \times \frac{c}{n} \times \frac{B_l}{AS_r} \times \frac{\delta\varepsilon}{D}.$$

Or, la force électromotrice induite e est constante pour un régime donné; elle peut s'exprimer comme suit, pour un nombre de spires w et un schéma de bobinage déterminés, $e = \text{const.} \times c \times \Phi \times w \times 10^{-8} = \text{const.}$

Donc Φ est constant et, comme AS_r est proportionnel à $\frac{i_r \times w}{D\pi}$, AS_r est lui-même proportionnel à $\frac{l}{D}$.

Si dans la formule (3) on tient compte que

$$\frac{B_l \times D \times l}{p} = \Phi = \text{const.},$$

on en déduit que tang φ est proportionnelle à $\frac{\delta\varepsilon}{D \times l}$; c'est-à-dire que le facteur de puissance s'améliore quand la longueur active du fer augmente.

Nous n'avons pas tenu compte jusqu'ici de la dispersion; l'influence de cette dernière est du reste difficile à déterminer exactement, mais on peut se rendre compte que la chute de tension due à la dispersion croît en même temps que le nombre d'ampères-tours par centimètre à la périphérie de l'induit. Si, par exemple, on fait une encoche, plus profonde, le flux de dispersion qui se ferme autour de chaque barre augmente. Un accroissement dans le même sens a lieu si la densité de courant par centimètre de section d'encoche augmente.

Comme on a admis que le flux principal était constant, la force électromotrice induite dans chaque barre par le

(1) Arthur SCHERBIUS, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIII, 17 octobre 1912, p. 1079-1083.

4...

champ principal est constante; c'est-à-dire que la chute de tension pour cent croît en même temps que AS.

On a vu que AS_r est proportionnel à D, plus le diamètre est grand, plus les conditions sont favorables relativement à la dispersion.

Ainsi donc un accroissement du diamètre du rotor produit une augmentation du facteur de puissance; mais cette manière de procéder conduit à un poids plus considérable pour le moteur et, d'autre part, le rendement diminue si l'on s'écarte trop d'un rapport donné entre le diamètre et la longueur du rotor.

L'augmentation du diamètre conduit donc à une augmentation de la longueur axiale du rotor, c'est-à-dire à une augmentation de la puissance du moteur. Pour les grosses machines à vitesse lente, ces circonstances sont avantageuses, puisqu'elles conduisent toutes deux à une amélioration du facteur de puissance; par contre, pour des moteurs de moyenne puissance, on est conduit à une construction si peu économique qu'elle devient à peu près impossible.

Si, par contre, on projette de construire des moteurs d'induction à vitesse lente en employant des compensateurs séparés, il n'y a pas lieu de faire intervenir le facteur de puissance, mais exclusivement le rendement ou l'échauffement.

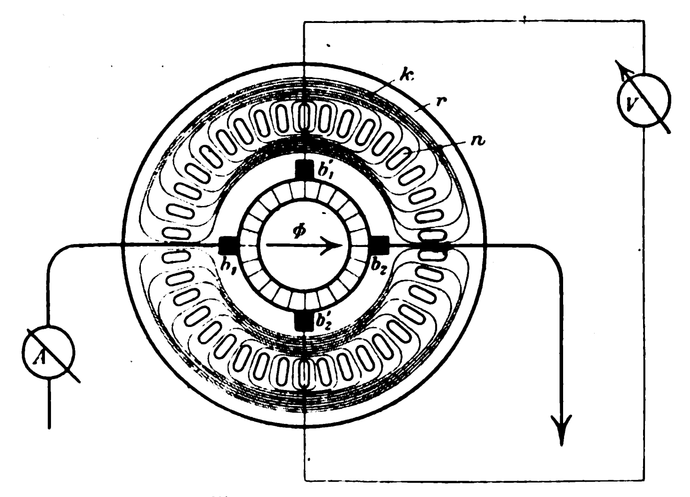
La limite inférieure pour la puissance et la vitesse qu'il est possible d'envisager économiquement dans la construction des moteurs d'induction est fortement reculée avec l'emploi des compensateurs. Pour des moteurs existants, l'emploi de ces appareils permet une augmentation de la puissance dans tous les cas où les moteurs ne travaillent pas à la limite d'échauffement; la capacité de surcharge momentanée de ces moteurs est également augmentée.

Tout ce qu'on vient de dire pour les moteurs polyphasés s'applique également aux moteurs d'induction monophasés; pour ces derniers la capacité de surcharge est d'autant plus augmentée que les facteurs de puissance sont plus mauvais avec ces derniers moteurs qu'avec les polyphasés.

Nous allons maintenant décrire sommairement un compensateur de décalage construit par la maison Brown-Boveri et qui est remarquable par sa simplicité et le peu de matière nécessité pour sa construction.

La figure 1 représente le schéma de ce compensateur de décalage. L'induit se compose d'un anneau cylindrique en fer; dans les encoches n se trouve logé un enroulement diamétral, qui n'est pas représenté sur la figure. Cet enroulement est réuni à un collecteur, sur lequel frottent des balais, dont le nombre varie suivant le nombre de phases du système.

La disposition indiquée figure 1 ne s'applique qu'à des



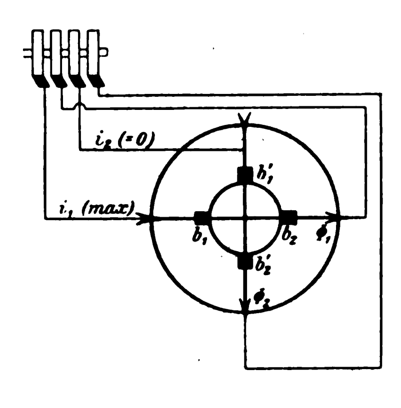


Fig. 1 et 2. — Compensateur de décalage Brown-Boveri pour moteur asynchrone.

systèmes polyphasés (pour le rotor du moteur principal); elle correspond du reste à un système biphasé et comporte quatre balais.

Les balais sont fixes, l'induit est animé d'un mouvement de rotation. Si l'on fait passer dans les balais b_1 et b_2 du courant continu, ce courant crée un champ Φ; le circuit magnétique est représenté sur la figure par les lignes de force k. Par suite de la rotation de l'induit dans ce champ fixe dans l'espace, naît une force électromotrice entre les balais b'_1 et b'_2.

Si l'on imagine maintenant qu'on relie les quatre balais du compensateur aux quatre bagues du rotor d'un moteur d'induction (*fig.* 2), le cas de la figure 1 est le même que ce nouveau cas, à l'instant où le courant i_1 est maximum et le courant i_2 nul.

On ne change rien (en négligeant toutefois la tension de réactance proportionnelle à la fréquence du courant alternatif) en remplaçant le courant continu par du courant alternatif à basse fréquence.

Le maximum de tension entre chaque paire de balais aura lieu lorsque le courant entre ces balais sera nul, et inversement, le minimum de tension se produira quand le courant sera maximum.

Dans cette machine, la tension et le courant seront donc à chaque instant décalés l'un par rapport à l'autre de 90° dans le temps et, si l'on choisit convenablement le



sens de rotation, il est possible de les faire avancer l'un sur l'autre de 90°.

Pour déterminer les sens, il faut tenir compte des observations suivantes (*fig.* 3); pour un sens de rotation *p* indiqué par la flèche, le champ créé par le courant *i* dans l'axe

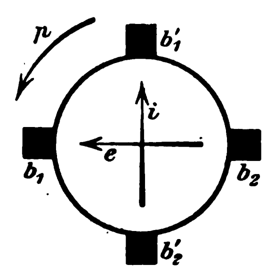


Fig. 3.

des balais b'_1, b'_2 est en relation directe avec lui; de plus la loi générale de l'induction donne $e = -\frac{d\Phi}{dt}$, c'est-à-dire que les bobines de l'enroulement de l'induit seront le siège de forces électromotrices qui retardent la diminution du champ produit par le courant *i*; la direction de la force électromotrice résultante est donc dans l'enroulement la même que celle du courant *i*; elle a un maximum à l'endroit où la variation du fux embrassé par les bobines est maximum ; c'est-à-dire dans la direction $b_1 b_2$. On obtient donc la direction de la force électromotrice engendrée entre les balais b_1. b_2 en faisant tourner le vecteur représentant en direction le courant *i* dans le sens de rotation *p*, jusqu'à l'axe $b_1 b_2$, si le sens du champ tournant est le même que le sens de rotation.

Comme la tension et le courant sont à chaque instant perpendiculaires l'un à l'autre, une telle machine, abstraction faite des pertes, ne doit pas absorber de puissance wattée.

Ce que nous venons de dire pour un système biphasé s'applique également à un système triphasé ou polyphasé quelconque, puisqu'on peut toujours rapporter les ampères-tours nécessaires à la création du champ et les forces électromotrices engendrées par la rotation à deux axes rectangulaires et ramener toujours le système tri- ou polyphasé au cas du système biphasé.

Voyons maintenant ce qui se passe entre le compensateur et le moteur principal.

La figure 4 représente le diagramme de fonctionnement d'un moteur d'induction en négligeant les pertes ohmiques dans le rotor et la dispersion, connecté avec un compensateur également sans pertes ohmiques ni dispersion; *k* est la tension primaire, i_1 le courant primaire, i_0 le courant magnétisant, i_2 le courant secondaire; e_s la tension due au glissement dans le rotor.

Cette dernière peut être considérée comme la résultante de la chute ohmique $i_2 w_2$ produite dans les enroulements du rotor par le courant i_2 et de la tension e_r due à la rotation du compensateur.

Comme cette tension e_r pour un nombre de tours constant du compensateur et une faible saturation est proportionnelle au courant i_2; que $i_2\ w_2$ l'est également, il s'ensuit que le triangle OAB reste semblable à lui-même pour les différentes valeurs du courant i_2 et que ses côtés croissent proportionnellement à ce courant; il s'ensuit également que e_s croit proportionnellement au courant i_2, c'est-à-dire que le glissement est proportionnel à la charge;

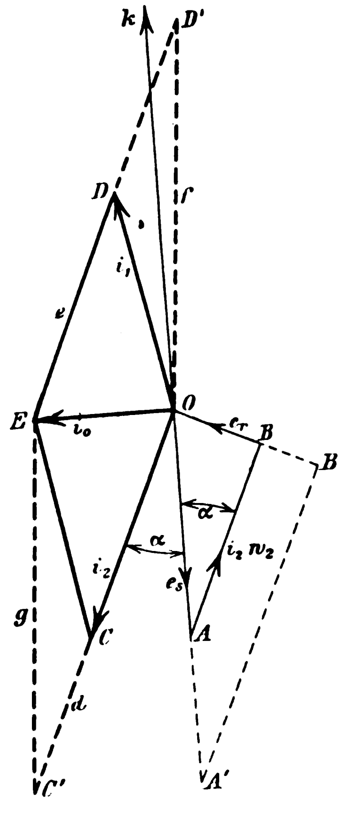


Fig. 4.

la valeur de l'angle α du triangle OAB est constante et comme l'angle $\widehat{COA}$ est égal à cet angle α, le point C pour différentes charges parcourt la droite OC ; le point D la droite ED. On voit sur ce diagramme que le facteur de puissance à vide est aussi mauvais que pour une machine non compensée, mais il augmente rapidement avec la charge et finalement le décalage change de sens.

Dans le diagramme de la figure 5, on a tenu compte de la dispersion, les désignations sont les mêmes que dans le cas précédent; mais on a tenu compte de la dispersion en faisant intervenir les champs de dispersion d'après la méthode connue de Kapp pour les transformateurs. L'angle $\widehat{JGO}$ est égal à 90° — α, puisque $\overline{OG}$ est perpendiculaire à OA et $\overline{GJ}$ à AB. Comme le rapport $\frac{\overline{HO}}{\overline{JO}}$ est constant (si l'on suppose constante la dispersion du stator) JO est constant, le point G se déplace sur un cercle construit sur JO comme corde. Pour obtenir le centre de ce cercle, il suffit de construire en O un angle $\widehat{JOH}$ égal à α, F et J sont les points fixes, de sorte que $\overline{FG}$ peut servir

à mesurer le courant primaire et $\overline{JG}$ le courant secondaire; l'échelle n'étant pas exactement la même pour ces deux grandeurs.

On voit d'après ce diagramme qu'il est assez semblable à celui d'un moteur ordinaire sans compensateur, sauf que le demi-cercle d'Heyland est remplacé par un cercle construit sur JO comme corde.

Pour obtenir une compensation aussi parfaite que

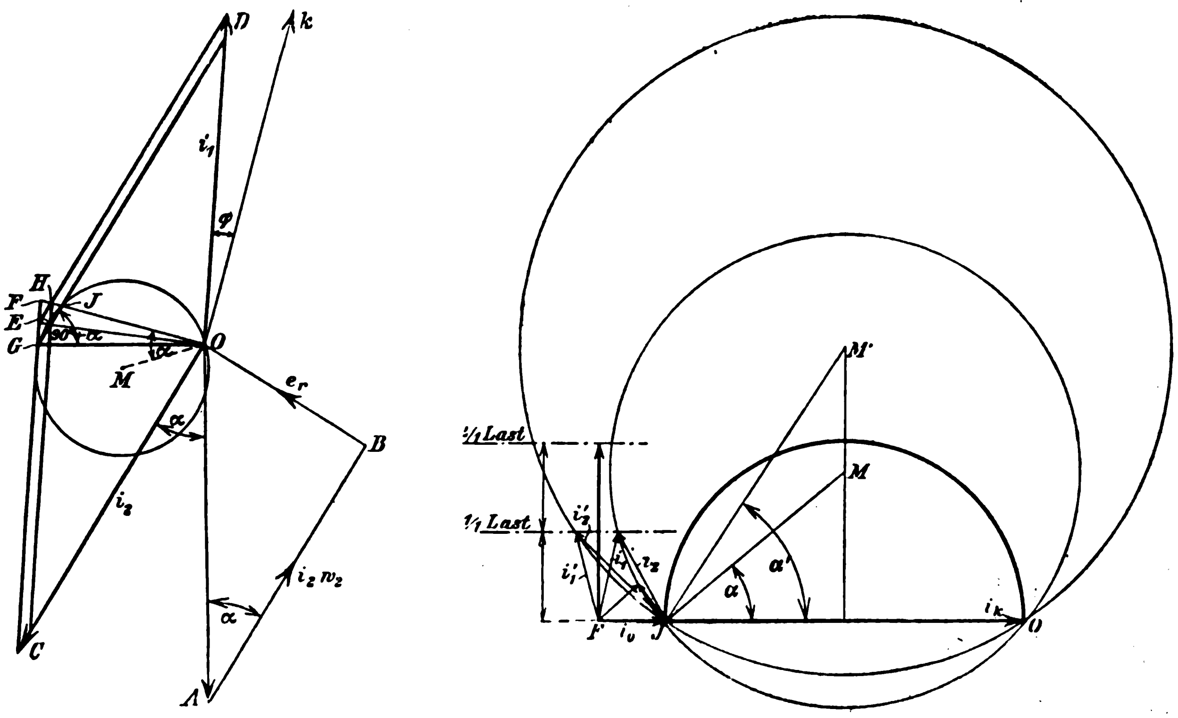


Fig. 5 et 6.

possible aux faibles charges et pour ne pas atteindre un décalage en avant trop grand aux fortes charges, il faut que le compensateur fonctionne très saturé. De cette façon, même pour de faibles courants, le champ est relativement élevé, mais pour les fortes charges, il ne croît pas plus que ne le demande l'augmentation de la dispersion dans le moteur.

Les figures 6 et 7 montrent l'influence de la saturation. Comme dans le triangle OAB de la figure 5, la longueur AB est proportionnelle au courant, pendant que la longueur OB est proportionnelle au flux produit par ce courant, on peut, en choisissant convenablement les constantes, tracer une courbe de magnétisme X, telle que la longueur JB représente la chute ohmique dans le compensateur et la longueur BL la tension due à la rotation; $\widehat{LJB}$ n'est autre que l'angle α, le point d'intersection de la droite JL avec la perpendiculaire élevée au milieu de JO donne, pour chaque valeur du courant, le centre du cercle. Pour chacune de ces valeurs, on obtient naturellement un cercle différent, l'intersection de chacun de ces cercles avec ceux décrits du point J comme centre avec les différentes valeurs de JB comme rayons forment une courbe qui représente la variation du courant avec la charge. Cette courbe n'est plus un cercle; la compensation moyenne est meilleure qu'en considérant le diagramme de la figure 6.

Le compensateur étant une machine sans stator, il n'est possible de régler la commutation et la marche sans étincelles que par un dimensionnement convenable de

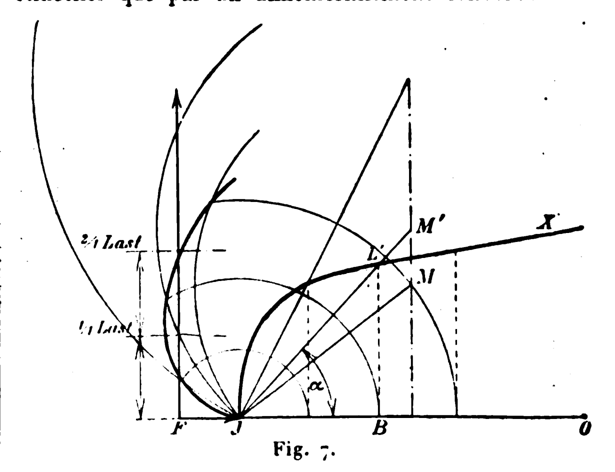


Fig. 7.

la machine et, de plus, on est très limité dans le choix de ses dimensions.

Si l'on appelle *b* la largeur des balais, *a* la distance de deux balais consécutifs, mesurée sur le collecteur (*fig.* 8), on trouve qu'il ne se forme pas d'étincelles aux balais



lorsque la différence de potentiel entre les faces des balais ne dépasse pas une valeur donnée e_b, on détermine de là que la tension entre deux lignes de balais consécutives est :

$$e = R \times \frac{a}{b} \times e_b,$$

R est une constante qui dépend de la forme du champ.

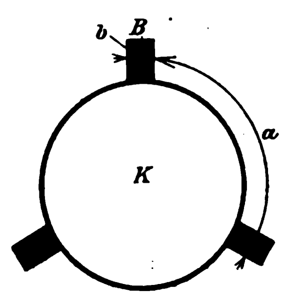


Fig. 8.

Si l'on admet pour les balais et le collecteur une densité de courant donnée par centimètre carré, le rapport $\frac{a}{b}$ se trouve déterminé, comme d'autre part la tension e_b est une constante pour les balais, la tension e se trouve bien déterminée; c'est du reste, celle pour laquelle le rendement du compensateur sera aussi favorable que possible. Ces considérations, comme on le voit, ne font entrer en ligne de compte que les dimensions du collecteur et aucunement la façon dont se créent les forces électromotrices; or ces dernières peuvent être engendrées soit en admettant un grand nombre de spires et une faible valeur pour le flux, et, si l'on se donne le nombre de spires, soit en admettant un faible flux et un grand nombre de tours, soit un flux intense et un petit nombre de tours.

La vitesse de rotation joue ici à vrai dire plutôt un rôle secondaire; pourtant, en considérant d'une part le refroidissement du collecteur, d'autre part, les fortes tensions de réactance produites par les flux intenses, il est toujours préférable d'adopter pour la vitesse de rotation le nombre de tours maximum compatible avec les exigences de la machine.

En appliquant les formules données précédemment, on trouve que la tension la plus favorable pour le fonctionnement des compensateurs à anneau sans stator est comprise entre 20 et 23 volts. L'intensité, elle, peut varier proportionnellement à la largeur du collecteur. Il n'est pas possible de donner à ce point de vue une valeur limite pratique. Les tensions induites produites par le glissement dans les rotors des moteurs d'induction sont comprises généralement entre 12 et 30 volts, c'est-à-dire sont du même ordre de grandeur que la tension la plus favorable produite par le compensateur, c'est ce qui rend principalement cette machine pratiquement utilisable.

En dehors des avantages décrits plus haut, la saturation du compensateur offre encore les suivants :

Si nous représentons par s (*fig.* 9) la courbe de variation du potentiel le long du collecteur d'un compensateur, pour un champ sinusoïdal, le cas le plus défavorable pour la commutation sera celui où les spires en court-circuit

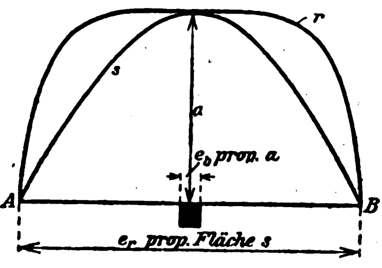


Fig. 9.

arrivent sous les balais lorsque le champ est maximum. La valeur de la tension supportée par les balais e_b est alors en effet proportionnelle à la valeur maximum a.

La tension due à la rotation e est proportionnelle à la surface AsB ; la saturation des dents permet de remplacer la courbe s par une autre telle que r qui se rapproche plus d'un rectangle. On obtient ainsi un rapport plus favorable entre la surface et la valeur maximum instantanée.

La constante k augmente et, par conséquent, la tension qu'on peut obtenir avec les compensateurs saturés est plus grande.

Enfin la saturation empêche la tension du compensateur de croître trop avec les surcharges, de sorte qu'il est possible d'employer ces machines avec des moteurs asynchrones exposés à de fortes surcharges sans être conduit à leur donner des dimensions spéciales pour tenir compte de la commutation.

Les différents essais sur les compensateurs qui permettent de déterminer les pertes, les grandeurs et directions des tensions et des courants se font généralement avec du courant continu. L'auteur se réserve de revenir plus tard sur la méthode employée à ce sujet. La figure 10 représente un groupe compensateur de 80 kv-A pour un moteur de 1200 chevaux, 200 t:m, 50 p:s. E. P.

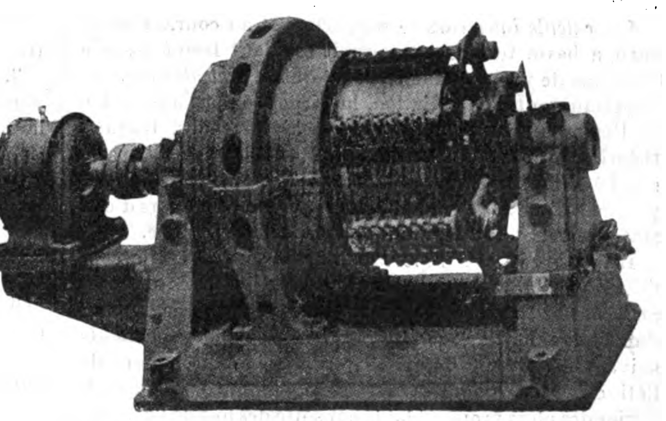


Fig. 10.

4....

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

RADIOTÉLÉGRAPHIE.

Projet d'une station radiotélégraphique (1).

Introduction. — L'établissement d'une station radiotélégraphique, d'une puissance et d'une portée déterminées, est bien près de devenir une question soumise au calcul au même titre que la construction d'un pont pour une longueur et une charge données. Il devient donc nécessaire de posséder une méthode générale de calcul, et, de même que pour le pont on tient compte de l'une et l'autre des deux rives qu'il doit relier, nous devrons considérer ici non seulement la station transmettrice, mais aussi le poste récepteur avec lequel elle doit entrer en communication.

Le projet d'une station radiotélégraphique doit être indépendant de tout système ou appareil particuliers, mais il doit comprendre toutes les questions pratiques relatives à la communication régulière entre les deux stations, c'est-à-dire : puissance primaire, transformateur, potentiel et fréquence d'étincelle, capacité des condensateurs, accouplement au transformateur d'oscillations, hauteur et forme de l'antenne, courant d'antenne et longueur d'onde, radiation et dispersion, portée de transmission, perte de l'énergie rayonnée et absorption utile à l'antenne réceptrice, interférences et perturbations atmosphériques, degré d'audition et intensité des signaux.

Le projet d'une station peut se diviser en deux parties, l'une extérieure, l'autre intérieure, le circuit de l'antenne transmettrice formant la limite entre ces deux parties.

Les *calculs intérieurs* se rapporteront au courant alternatif à basse tension, au circuit oscillant fermé jusqu'à l'antenne de transmission, tandis que les *calculs extérieurs* s'appliqueront à la radiation, la dispersion et l'absorption de l'énergie ainsi qu'à la portée. Grâce aux travaux théoriques et expérimentaux de Rüdenberg et d'Austin sur l'énergie rayonnée et le facteur d'absorption, nous pouvons d'ores et déjà aborder les calculs extérieurs d'une station devant correspondre à une distance donnée.

Le facteur le plus important dans le projet est le courant dans l'antenne transmettrice, et il semble que son accroissement soit à rechercher dans tous les cas. Cependant il convient à ce sujet d'analyser les quatre éléments suivants : l'amplitude initiale de l'onde, la fréquence de l'étincelle, la longueur d'onde et l'amortissement. Il deviendra alors vraisemblable par suite des lois de l'absorption dans l'espace et de la perte par rayonnement de l'antenne réceptrice, que de plus faibles valeurs de ce courant pour des longueurs d'onde convenables, donneront la même portée que des valeurs bien supérieures avec des longueurs d'onde mal appropriées.

(1) Shunkichi Kimura, Ph. D., *Electrician*, t. LXX, nos 2, 3 et 4; 18 et 25 octobre, 1er novembre 1912.

Dans les stations de bord, par suite de l'emplacement restreint dont on dispose pour l'antenne, le courant d'antenne ne peut pas être augmenté beaucoup, mais on peut accroître l'énergie primaire et l'utiliser en augmentant la longueur d'onde. Ceci permet de soustraire un petit bateau à l'interférence des énergies plus faibles et des ondes plus courtes.

Dans ce qui suit, les antennes de transmission et de réception sont supposées munies d'une forte capacité terminale, de telle sorte que la distribution du courant à haute fréquence approche de la forme stationnaire sur toute la hauteur verticale; les formes d'antenne différentes devront être ramenées à la hauteur équivalente.

I. Calculs extérieurs. — Les facteurs entrant dans ce qu'on a appelé *les calculs extérieurs* se présentent dans l'ordre suivant :

1. *Énergie rayonnée par la station transmettrice.* — Elle est exprimée par le produit du courant d'antenne I par la résistance due au rayonnement R_Σ. Son expression, déduite par Rüdenberg (1), a été vérifiée expérimentalement par Austin, excepté la constante K qui dépend de la forme de l'antenne. C'est

$$R_\Sigma I^2 = K\frac{h^2}{\lambda^2}I^2.$$

h est la hauteur de l'antenne et λ la longueur d'onde de fonctionnement.

2. *Dispersion de l'énergie rayonnée* à travers l'espace suivant la loi géométrique $\frac{1}{D^2}$, où D est la distance de transmission.

3. *Absorption de l'énergie rayonnée,* quand les ondes parcourent l'espace, et sur la mer pendant le jour. Nous la prendrons sous la forme déterminée par Austin et Cohen, d'après des données expérimentales

$$e^{-\frac{2a}{\sqrt{\lambda}}D}.$$

4. *Énergie fournie à l'antenne réceptrice :* proportionnelle à la surface d'exposition effective, prise égale au carré de la hauteur de l'antenne h'^2.

5. *Énergie renvoyée à l'espace par rayonnement de l'antenne réceptrice :* c'est

$$K'\frac{h'^2}{\lambda^2}I'^2.$$

(1) R. Rüdenberg (*Ann. Phys.*, t. XXV, 1908, p. 451) a déduit la notion de résistance à la radiation R_Σ, de l'idée d'une longueur bipolaire équivalente, en introduisant un nouveau terme dans les équations fondamentales des oscillations électriques.

6. *Énergie absorbée effectivement par l'antenne réceptrice*

$$R'I'^2,$$

R' étant la résistance du circuit de l'antenne ou la résistance de l'instrument servant à mesurer I, quand elle se trouve être notablement plus grande que celle de l'antenne elle-même.

Combinons tous ces facteurs et réduisons l'équation de l'énergie à celle des courants d'antenne à la transmission et à la réception, nous avons

$$I'\sqrt{R'+K'\frac{h'^2}{\lambda^2}} = I\frac{hh'}{\lambda}\frac{1}{D}e^{-\frac{a}{\sqrt{\lambda}}D}.$$

Rüdenberg donne pour la constante K' la valeur $K' = 1600$, lorsque h' et λ sont exprimées dans la même unité; de plus Austin et Cohen donnent

$$a = 0{,}0475$$

pour D exprimé en kilomètres et λ en mètres.

L'équation devient alors

$$I'_{(\text{amp.})}\sqrt{R'_{(\text{ohm})}+1600\frac{h'^2_{(\text{m})}}{\lambda^2_{(\text{m})}}}$$
$$= \text{const.}_2\, I_{(\text{amp.})}\frac{h_{(\text{m})}h'_{(\text{m})}}{\lambda_{(\text{m})}D_{(\text{km})}}e^{-\frac{0{,}0475}{\sqrt{\lambda_{(\text{m})}}}D_{(\text{km})}}.$$

II. DÉTERMINATION DE LA CONSTANTE. — Pour déterminer const.$_2$, nous déduirons sa valeur de celles trouvées pour I' dans les expériences d'Austin, d'abord pour de courtes et de longues portées, puis pour des portées voisines du maximum. La hauteur de l'antenne qui était de 130 m à la station de Brant Rock est prise égale à 95 m pour la ramener au cas de l'antenne à forte capacité terminale. R' est pris égal à 25 ohms. Avec ces données on a : pour $\lambda = 1000$ m, $I = 33$ amp.,

$$\sqrt{R'+1600\frac{h'^2}{\lambda^2}} = 6{,}28,$$

$$\frac{hh'}{\lambda}I = 125, \qquad e^{\frac{0{,}0475}{\sqrt{\lambda}}D} = e^{0{,}0015D};$$

λ.	D.	$I'_{\text{obs.}}$ 10^{-6} amp.	CONST.$_2$ $\times 10^{-6}$.	MOYENNE const.$_2 \times 10^{-6}$.
m	km			
1000	40,8	10500	22800	
1000	93	4600	24600	
1000	475	520	15200	
1000	622	157	12400	
1000	1020	77	18200	
1000	1160	54	18200	
1000	1560	29	23400	20000
3750	40,8	3000	23000	
3750	113	1370	30400	
3750	494	180	23200	
3750	1040	49	20600	
3750	1635	26	27000	24800
		Moyenne totale........		22400

pour $\lambda = 3750$ m, $I = 27$ amp.,

$$\sqrt{R'+1600\frac{h'^2}{\lambda^2}} = 5{,}1,$$

$$\frac{hh'}{\lambda}I = 27, \qquad e^{\frac{0{,}0475}{\sqrt{\lambda}}D} = e^{0{,}00077D}.$$

En calculant maintenant la constante à l'aide des valeurs de I' observées en travaillant à des portées voisines du maximum on a :

λ.	D.	$I'_{\text{obs.}}$ 10^{-6}.	h.	h'.	$I_{\text{obs.}}$	CONST.$_2$ $\times 10^{-6}$.
m	km		m	m	amp.	
1000	1338	40	39,5	95	33	19800
3750	927	40	39,5	95	27	14400
1000	1040	40	39,5	39,5	33	18800
1500	1430	40	95	39,5	56	12600
3750	1485	40	95	39,5	69	13200
			Moyenne totale........			15760

On voit que la valeur de la constante dans la dernière table est environ 70 pour 100 de celle calculée pour des distances variant entre 40 km et 1500 km. Or, pour son application aux formules établies au paragraphe 1 en vue du calcul d'une station, il est préférable d'adopter cette dernière valeur. On prendra

$$\text{const.}_2 = 15760 \times 10^{-6}.$$

III. FORMULE GÉNÉRALE. — De ce qui précède on déduit la formule qui servira au calcul.

On peut écrire la formule du paragraphe 1 de la façon suivante :

$$I_{(\text{amp.})} = \frac{I'\times 10^6}{15760}\times\frac{1}{h}\sqrt{1600+\frac{R'\lambda^2}{h'^2}}\,De^{\frac{0{,}0475}{\sqrt{\lambda}}D}.$$

D'accord avec les résultats expérimentaux d'Austin, on observera les distinctions suivantes :

1° *Portée maximum obtenue avec facilité*,

$$I' = 40\times 10^{-6}\text{ amp.}, \qquad R'I'^2 = 4\times 10^{-8}\text{ watt};$$

2° *Portée maximum avec très grand effort*,

$$I' = 10\times 10^{-6}\text{ amp.}, \qquad R'I'^2 = 0{,}25\times 10^{-8}\text{ watt}.$$

Entre ces deux valeurs extrêmes on prendra les valeurs intermédiaires

$$I' = 20\times 10^{-6}\text{ amp.}, \qquad R'I'^2 = 1\times 10^{-8}\text{ watt},$$

pour lesquelles nous dirons que la portée maximum est obtenue avec un effort modéré.

En portant ces valeurs de I' et $R'I'^2$ dans la formule, elle devient

$$I_{(\text{amp.})} = \frac{1}{157{,}6}\frac{D_{(\text{km})}}{h_{(\text{m})}}\sqrt{64+\frac{\lambda^2_{(\text{m})}}{h'^2_{(\text{m})}}}\,e^{\frac{0{,}0475}{\sqrt{\lambda}}D}.$$

Pour le fonctionnement très aisé nous prendrons un

courant dans l'antenne transmettrice égal au double de ce que donne cette formule, et pour le fonctionnement avec grand effort nous prendrons la moitié. De plus, pour une même combinaison de h et h', on peut obtenir la même portée.

A l'aide de la formule précédente, on a calculé le courant I en se plaçant dans diverses conditions et en se fixant différentes données. Les résultats de ces calculs sont réunis dans les trois tableaux suivants (¹).

Dans ces tableaux on a utilisé les symboles suivants

$$\frac{1}{157,6\,h}\sqrt{64+\frac{\lambda^2}{h'^2}} = A,$$

$$D\,e^{\frac{0,0475}{\sqrt{\lambda}}D} = B.$$

Un fait remarquable résulte de ces calculs à savoir qu'il y a des valeurs de longueurs d'onde pour lesquelles les courants d'antenne à l'émission sont minima en effectuant une portée donnée avec la même combinaison de h et de h' ; de plus, ces valeurs des longueurs d'onde sont presque indépendantes de la hauteur de l'antenne transmettrice, mais elles dépendent beaucoup de celle de l'antenne réceptrice. Ces longueurs d'onde sont d'ailleurs d'autant plus grandes que la portée fixée est plus longue.

Par exemple prenons le cas de $h = 90$ m dans les courbes représentées sur la figure 1, nous voyons par leur courbure aux environs du minimum que les longueurs d'onde qui correspondent à ce minimum ne sont pas rigoureusement définies, mais qu'elles peuvent

Tableau I. — *Du rivage à un navire.*

$h = 60$ m ; $h' = 40$ m — 52 m ; I en ampères ; λ en mètres.

Pour une portée D.	$\frac{\lambda}{h} = 10,6$ $\lambda = 640$ $A = 0,0019$, $h' = 40$ $A = 0,00182$, $h' = 52$	$\frac{\lambda}{h} = 12,6$ $\lambda = 760$ $A = 0,00219$, $h' = 40$ $A = 0,00208$, $h' = 52$	$\frac{\lambda}{h} = 15$ $\lambda = 900$ $A = 0,00254$, $h' = 40$ $A = 0,00242$, $h' = 52$	$\frac{\lambda}{h} = 33,3$ $\lambda = 2000$ $A = 0,00540$, $h' = 40$ $A = 0,00504$, $h' = 52$	$\frac{\lambda}{h} = 66,6$ $\lambda = 4000$ $A = 0,0107$, $h' = 40$ $A = 0,0101$, $h' = 52$
km 556	$B = 1569$	$B = 1440$	$B = 1328$	$B = 1000$	$B = 840$
$h' = 40$	$I = 3,0$	$I = 3,2$	$I = 3,4$	$I = 5,3$	$I = 8,9$
$h' = 52$	$I = 2,8$	$I = 3,0$	$I = 3,2$	$I = 5,0$	$I = 8,4$
928	5250	4500	3960	2460	1843
	9,9	9,9	10,1	13,2	19,6
	9,5	9,5	9,6	12,4	18,5
1295	14600	12100	10000	5110	3410
	28	27	25	27	37
	26	25	24	25	35
1670	38000	29500	23050	9750	5820
	72	65	58	53	62
	69	62	55	49	59
2040	93000	68150	50500	17610	9350
	176	149	127	95	99
	168	142	121	88	94
2410	220000	153200	107200	31000	14600
	416	335	271	166	155
	399	320	258	155	147
2780	510000	336000	222000	53000	22200
	964	733	561	285	237
	922	699	534	266	224
3160	1158000	722000	452000	89000	33200
	2192	1572	1142	478	355
	2097	1502	1086	447	336
3520	2600000	1531000	906000	147300	49150
	4911	3342	2289	793	523
	4700	3184	2179	740	495

(¹) L'article original comprend neuf tableaux, nous n'en reproduisons ici que trois.

TABLEAU II. — *D'un navire au rivage.*

$h = 40$ m; $h' = 60$ m — 182 m; I en ampères; λ en mètres.

POUR UNE PORTÉE D.	$\frac{\lambda}{h} = 12,5$, $\lambda = 500$		$\frac{\lambda}{h} = 25$, $\lambda = 1000$		$\frac{\lambda}{h} = 37,5$, $\lambda = 1500$		$\frac{\lambda}{h} = 50$, $\lambda = 2000$	
	$A = 0,00185$ $h' = 60$ $A = 0,00156$ $h' = 90$	$A = 0,00145$ $h' = 120$ $A = 0,00140$ $h' = 152$ $A = 0,00136$ $h' = 182$	$A = 0,00296$ $h' = 60$ $A = 0,00219$ $h' = 90$	$A = 0,00185$ $h' = 120$ $A = 0,00168$ $h' = 152$ $A = 0,00156$ $h' = 182$	$A = 0,00420$ $h' = 60$ $A = 0,00295$ $h' = 90$	$A = 0,00238$ $h' = 120$ $A = 0,00205$ $h' = 152$ $A = 0,00185$ $h' = 182$	$A = 0,0055$ $h' = 60$ $A = 0,00377$ $h' = 90$	$A = 0,00296$ $h' = 120$ $A = 0,00250$ $h' = 152$ $A = 0,00220$ $h' = 182$
556 km	$B = 1800$	$I = 2,6$ $h' = 120$	$B = 1275$	$I = 2,3$	$B = 1094$	$I = 2,6$	$B = 1000$	$I = 3,0$
	$I = 3,3$ $h' = 60$	$I = 2,5$ $h' = 152$	$I = 3,7$	$I = 2,1$	$I = 4,5$	$I = 2,2$	$I = 5,5$	$I = 2,5$
	$I = 2,8$ $h' = 90$	$I = 2,45$ $h' = 182$	$I = 2,8$	$I = 2,0$	$I = 3,2$	$I = 2,0$	$I = 3,7$	$I = 2,2$
928	6570	9,5	37000	6,8	2860	6,8	2460	7,3
	12,2	9,2	10,9	6,2	12,0	5,8	13,5	6,1
	10,3	9,0	8,1	5,8	8,5	5,3	9,3	5,4
1295	20200	29,3	9050	16,8	6320	15,0	5060	15,0
	37,4	28,2	26,7	15,1	26,4	13,0	27,9	12,6
	31,6	27,5	19,8	14,2	18,7	11,7	19,2	11,2
1670	57000	83	20200	37	12800	30	9740	29
	105	80	60	34	53	26	53	24
	89	78	45	32	38	24	37	22
2040	153500	222	45000	80	24500	59	17600	52
	283	214	128	73	103	50	96	44
	240	208	95	67	73	45	67	39
2410	398000	576	89500	165	45800	108	30750	91
	736	554	264	149	192	94	168	76
	622	542	195	139	135	84	116	67
2780	1020000	1462	180000	333	83500	198	52900	91
	1866	1405	532	300	348	170	289	76
	1576	1373	394	282	246	154	199	67
3160	2510000	3638	356000	658	148000	352	83800	261
	4646	3499	1052	594	622	304	484	220
	3925	3420	780	556	439	275	334	194
3520	6180000	8934	696000	1285	262200	621	147000	433
	11408	8590	2052	1160	1096	536	802	364
	9637	8398	1521	1086	774	484	553	321

s'étendre à une région pour laquelle le courant d'émission diffère très peu de la valeur exacte du minimum.

IV. CHOIX DES LONGUEURS D'ONDE. — Nous venons de voir qu'il y a des longueurs d'onde pour lesquelles le courant d'antenne à l'émission est minimum pour une portée donnée avec la même combinaison de h et h'. Examinons la question plus en détail.

Puisque dans les courbes $I = f(\lambda)$ avec le paramètre D, on n'observe pas de maximum pour I, mais seulement un minimum avec une tangente parallèle à l'axe des λ, nous avons bien

$$\frac{dI}{d\lambda} = 0.$$

Si nous calculons $\frac{dI}{d\lambda}$ dans la formule générale en tenant compte des divers coefficients, et avec $R' = 25$ ohms, nous avons, tous calculs faits,

$$\frac{dI}{d\lambda} = \frac{\lambda^2 \sqrt{\lambda}}{0,54 D} - 0,044 \lambda^2 - 2,76 h'^2 = 0,$$

d'où

$$h' = \frac{\lambda}{1,66} \sqrt{\frac{\sqrt{\lambda}}{0,54 D} - 0,044}$$

(h' et λ en mètres, D en kilomètres).

TABLEAU III. — *De navire à navire.*

$h = 40$ m; $h' = 40$ m — 52; I en ampères; λ en mètres.

POUR UNE PORTÉE D.	$\frac{\lambda}{h} = 12,5$; $\lambda = 500$; $A = 0,00342$, $h' = 40$; $A = 0,00232$, $h' = 52$	$\frac{\lambda}{h} = 25$; $\lambda = 1000$; $A = 0,00428$, $h' = 40$; $A = 0,00408$, $h' = 52$	$\frac{\lambda}{h} = 37,5$; $\lambda = 1500$; $A = 0,00681$, $h' = 40$; $A = 0,00594$, $h' = 52$	$\frac{\lambda}{h} = 50$; $\lambda = 2000$; $A = 0,00839$, $h' = 40$; $A = 0,00785$, $h' = 52$
km 556	$B = 1800$	$B = 1270$	$B = 1090$	$B = 1000$
	$I = 4,4$; $h' = 40$	$I = 5,5$	$I = 6,9$	$I = 8,3$
	$I = 4,2$; $h' = 52$	$I = 5,2$	$I = 6,5$	$I = 7,8$
928	6580	3700	2860	2460
	15,8	15,8	17,9	20,3
	15,2	15,0	17,0	19,2
1295	20300	9080	6320	5100
	48,8	38,6	39,5	42,2
	46,9	36,7	37,4	39,9
1670	52100	20250	12830	9750
	138	86	80	80
	132	82	76	76
2040	153500	43200	24200	17630
	370	185	154	146
	356	176	146	138
2410	399000	89000	45850	30750
	962	381	287	255
	925	363	272	242
2780	1030000	178000	83500	52900
	2438	768	521	436
	2343	730	494	413
3160	2550000	354000	148900	88900
	6068	1517	931	733
	5834	1442	882	694
3520	6160000	690000	262000	146900
	14900	2958	1640	1215
	14326	2112	1550	1150

TABLEAU IV.

$$h' = \frac{\lambda}{1,66}\sqrt{\frac{\sqrt{\lambda}}{0,54D} - 0,044} \text{ en mètres.}$$

PARAM. D km	556	928	1295	1670	2040	2410	2780	3160	3520
λ. m.									
500	51								
1000	150	84							
1500	261	163	96						
2000	382	252	167	90					
2500		363	253	162					
3000			330	233	135				
4000				402	277	166			
5000					432	312	174		
6000						450	314	137	
7000							452	302	
8000								446	
9000									415
10000									556

La relation trouvée entre λ et h' pour chaque valeur de D est représentée sensiblement par une ligne droite (*fig.* 2).

Ces relations restent les mêmes, que nous utilisions la

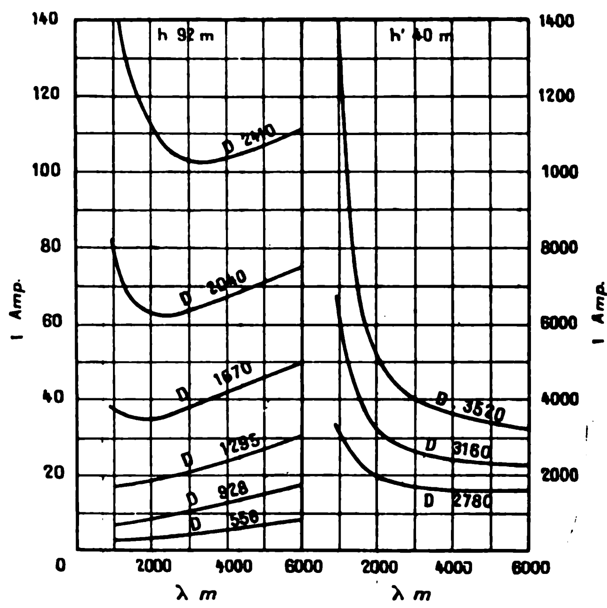


Fig. 1. — Courbes montrant la relation entre le courant dans l'antenne d'émission et la longueur d'onde.

portée pour fonctionnement aisé ou celle qui correspond à un grand effort.

En extrapolant, au besoin, ces relations nous donnent

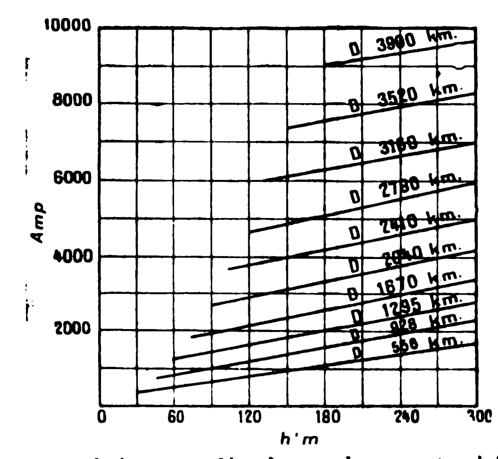


Fig. 2. — Relation entre h' et λ pour le courant minimum à différentes portées.

au tableau V les meilleures longueurs d'onde à employer suivant la hauteur de l'antenne réceptrice et suivant la portée désirée.

Les longueurs d'onde figurant dans ce tableau correspondent à la valeur moyenne de celles qui permettent de réaliser le plus économiquement une portée donnée.

TABLEAU V.

Meilleures longueurs d'onde à employer (en mètres).

PORTÉE *D* km	556	928	1295	1670	2040	2410	2780	3160	3520	3900
hauteur *h'*										
46	500	800	1200	1700	2300	3200	4000	5400	6700	8300
61	550	900	1300	1800	2400	3300	4100	5500	6800	8400
92	700	1100	1500	2000	2600	3500	4300	5700	7000	8500
122	850	1200	1700	2200	2900	3700	4600	5900	7200	8700
152	1000	1400	1900	2400	3100	3900	4800	6100	7300	8800
183	1100	1600	2100	2600	3300	4100	5100	6300	7500	9000
213	1250	1800	2300	2800	3500	4300	5300	6500	7700	9200
244	1400	2000	2500	3000	3700	4500	5500	6700	7900	9300
274	1600	2100	2600	3300	4000	4800	5700	6800	8100	9500
304	1700	2300	2800	3500	4200	5000	5900	7000	8300	9700

V. RÉSUMÉ. — Les courbes qui suivent représentent un résumé des calculs de stations effectués en extrapolant ou interpolant, lorsqu'il était nécessaire, les résultats précédents.

Les longueurs d'onde données sont les valeurs moyennes de la région où elles sont le plus efficace. Ce sont en effet les résultats des calculs faits à l'aide de la formule

$$I = \frac{1}{157,6}\,\frac{D_{(\mathrm{km})}}{h_{(\mathrm{m})}}\sqrt{64 + \frac{\lambda^2_{(\mathrm{m})}}{h'^2_{(\mathrm{m})}}}\;e^{\frac{0.0475}{\sqrt{\lambda}}D}$$

avec la condition

$$\frac{\lambda^2\sqrt{\lambda}}{0,54\,D} - 0,044\,\lambda^2 - 2,76\,h'^2 = 0.$$

Les portées diurnes données par ces courbes sont celles qu'on peut atteindre avec un effort modéré, c'est-à-dire avec une énergie de 1×10^{-8} watt dans le circuit de l'antenne réceptrice.

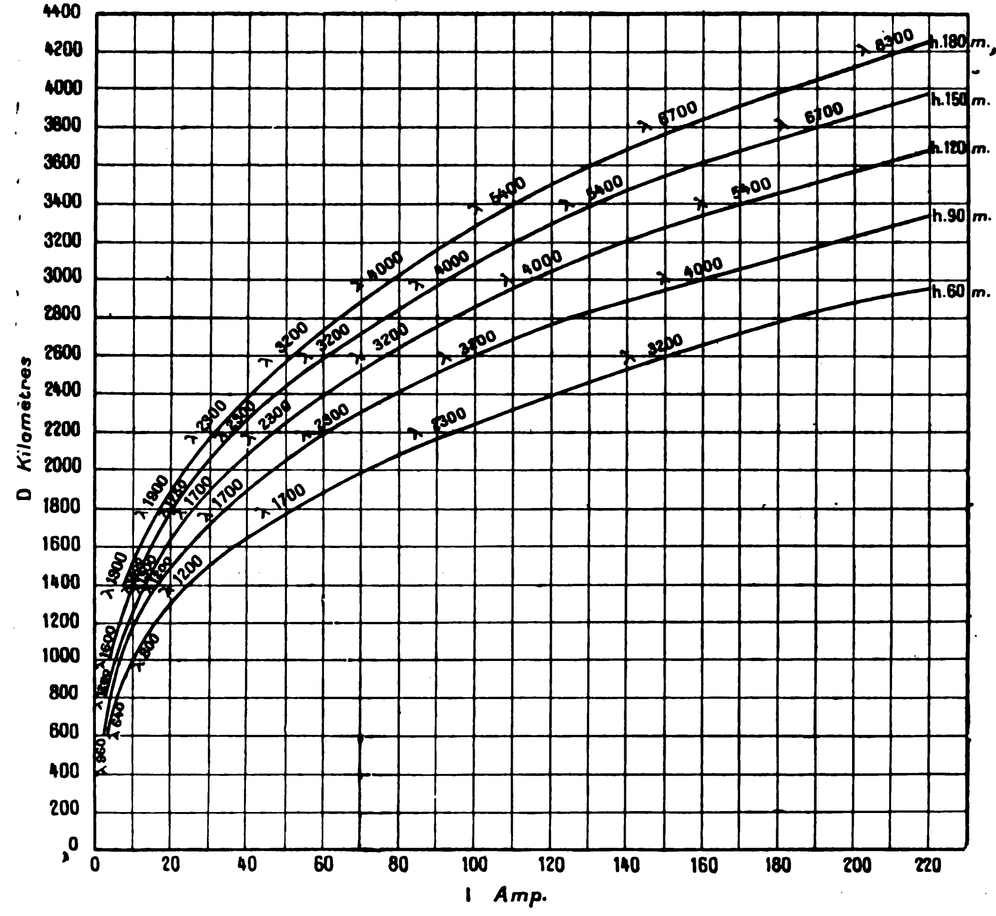


Fig. 3. — Du rivage à un navire. h' — 40 m — 52 m. Portée diurne sur mer. Longueurs d'onde pour la puissance minimum. Fonctionnement avec effort modéré 1×10^{-8} watt.

VI. DIMENSIONS DE L'ANTENNE. — Avec une antenne présentant une grande capacité au sommet, il y a une certaine proportion à observer entre la hauteur et la largeur au sommet, pour que le courant oscillant approche



de la forme stationnaire théorique depuis le bas jusqu'au sommet.

En vue d'éviter les joints, les angles aigus et le voisinage dangereux des mâts, prenons une antenne de la forme représentée par la figure 5, et supposons sinusoïdale la distribution des amplitudes sur toute la longueur; sa valeur en un point quelconque sera représentée par

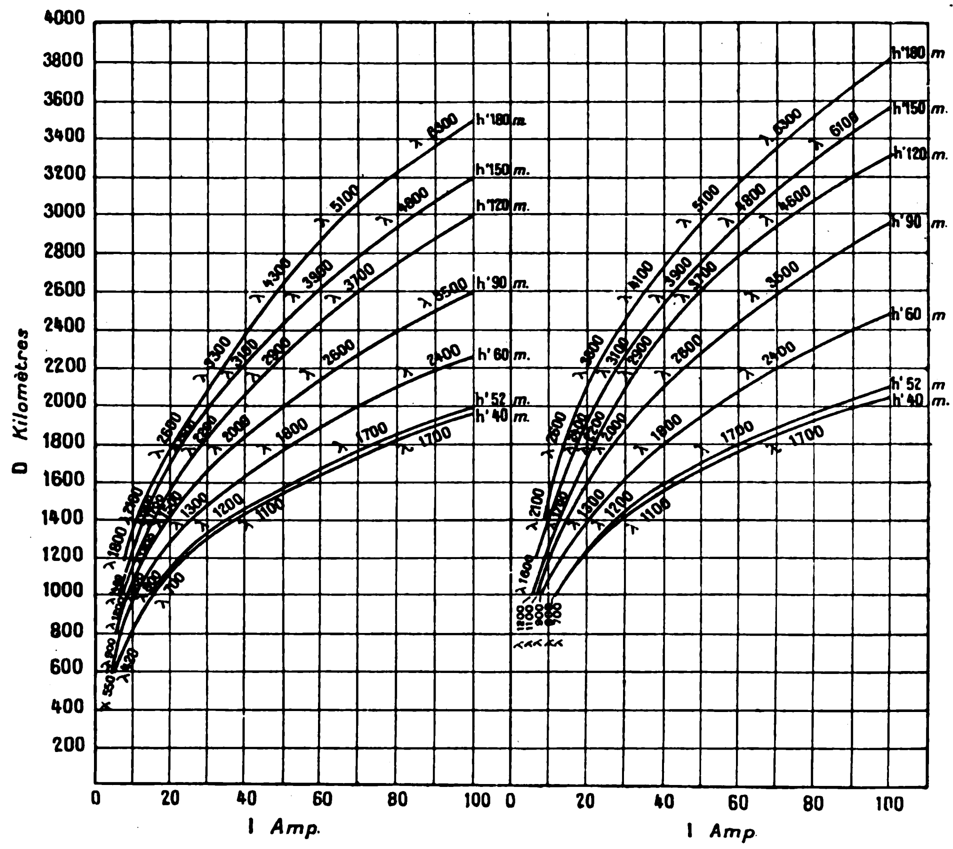


Fig. 4. — De navire à navire. Portée diurne sur mer. Longueurs d'onde pour la puissance minimum. Fonctionnement avec effort modéré 1×10^{-8} watt.

$$a \sin \frac{\pi}{2} \frac{x}{h+b}.$$

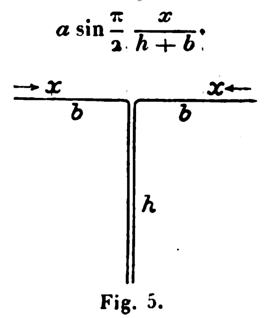


Fig. 5.

Pour avoir la largeur minimum au sommet, on prendra une distribution telle qu'au sommet, c'est-à-dire pour $x = b$, l'amplitude soit deux fois moindre qu'à la base. On a alors

$$\frac{1}{2} a = a \sin \frac{\pi}{2} \frac{b}{h+b},$$

d'où

$$h = 2b.$$

Ainsi, la largeur minimum au sommet est égale à la hauteur, et si cette largeur est grande, la distribution dans h approche davantage de la forme stationnaire théorique. Dans le cas du minimum de largeur au sommet, c'est-à-dire $h = 2b$, la longueur d'onde propre de l'antenne correspond approximativement au rapport

$$\frac{h}{\lambda} = 11,5.$$

Quant à la forme de l'antenne, le type *en parapluie* avec un pylône conduit à plus de hauteur et à la plus grande surface de terrain plat nécessaire. Au contraire, le type en pyramide renversée demande moins de hauteur et une moindre surface, il convient plus particulièrement à un emplacement en terrain accidenté, près des côtes, mais il exige au moins trois mâts ou pylônes. Il convient donc simplement de s'adapter aux circonstances particulières.

De plus, pour une même portée de transmission, on se trouve en présence de deux solutions : soit une faible hauteur de pylônes avec une grande puissance, soit une grande hauteur et une faible puissance.

On sera guidé dans ce choix par des considérations économiques portant sur les frais d'installation de la station d'une part, et les frais d'exploitation de l'autre.

Cependant, pour la sûreté et la commodité des manœuvres et pour restreindre les chances de détérioration des appareils, il est préférable d'employer une faible puissance avec une antenne élevée.

Quant aux stations de bord, il est difficile de concevoir une forme d'antenne meilleure que la forme en T. Pour augmenter le nombre des communications, c'est-à-dire la valeur de la station, il convient de signaler le système multiple avec une antenne pour chaque longueur d'onde, ces antennes étant disposées de manière à diminuer le plus possible les actions mutuelles de leurs courants oscillants.

VII. Calculs intérieurs. — L'ensemble du système électrique, fournissant l'énergie primaire à l'inducteur ou au transformateur à résonance, doit avoir une autorégulation non seulement parfaite, mais instantanée. Si cette dernière condition fait défaut, il conviendra de prévoir un dispositif spécial pour parer à la charge, ou bien le système électrique devra être d'une puissance très supérieure à la puissance employée.

L'étincelle doit être de fréquence élevée et régulière.

Cette condition apporte une limite à la tension d'étincelle qui doit être beaucoup plus petite que la valeur maximum ou critique ([1]). S'il n'en était pas ainsi, la puissance totale serait concentrée dans un petit nombre de décharges, et les effets obtenus à la réception seraient désavantageux à plusieurs égards.

Il est impossible pour un calcul général de prendre une valeur fixe pour la tension d'étincelle, car sa valeur dépendra de l'énergie primaire, et aussi de la capacité de la batterie.

Quant à la fréquence d'étincelles, elle peut être prise comme constante dans chaque cas, à savoir :

$$\xi = 333,\ 500,\ 666 \text{ ou } 1000.$$

L'amortissement du circuit du condensateur est négligeable à moins de pertes inutiles. Si l'amortissement est faible, l'accouplement au transformateur d'oscillations sera plus lâche ; s'il est élevé au contraire, l'accouplement sera plus rigide, et nous aurons également la production d'une onde unique.

A la réception, l'intensité du son correspondant à un point dépend de l'énergie par décharge oscillante dans le circuit du condensateur.

L'effet total est relié à l'énergie mise en jeu par seconde dans ce même circuit, toutes choses égales d'ailleurs. Cette énergie dans le circuit du condensateur dépend d'une part de l'énergie primaire employée, et de l'autre du courant dans l'antenne d'émission. C'est cette énergie qui servira de base pour les calculs intérieurs établissant une relation entre la puissance primaire, le courant d'antenne et l'effet à la réception.

L'énergie par décharge oscillante ou par train d'oscillations dans le circuit du condensateur est donnée par

$$w_{1(\text{watts})} = \frac{1}{2} 10^{-6} C_{1(\text{mfd.})} V_{1(\text{volts})}^2,$$

où C_1 est la capacité et V_1 la tension d'étincelle.

La puissance mise en jeu dans le circuit du condensateur est

$$W_{1(\text{kw})} = 10^{-3} \xi w_{1(\text{watts})},$$
$$= \frac{1}{20} \xi C_{1(\text{mfd.})} V_1^2 (10^4 \text{ volts}),$$

où ξ est la fréquence de l'étincelle.

Mais la fréquence de l'étincelle n'étant pas en pratique régulière ni constante, il est préférable d'exprimer la puissance sous la forme

$$W_{1(\text{kw})} = \frac{1}{6\pi^2} 10^{-5} \gamma_1 \frac{\lambda(m)}{C_{1(\text{mfd.})}} I_{1(\text{amp.})}^2,$$
$$= 10^{-3} R_{1(\text{ohms})} I_{1(\text{amp.})}^2,$$

où γ_1 et R_1 sont le décrément logarithmique et la résistance ohmique du circuit du condensateur, et I_1 l'indication d'un ampèremètre thermique placé dans ce circuit. Dans chacune de ces expressions, W_1 représente une puissance primaire idéale (minimum), et d'une manière générale

$$W_1 = F.P,$$

où P est la puissance primaire et F un facteur toujours inférieur à l'unité.

L'amplitude maximum dans le circuit du condensateur est

$$I_{\substack{1\\0}(\text{amp.})} = 6\pi.10^2 \frac{1}{\lambda_{(m)}} C_{1(\text{mfd.})} V_{1(\text{volts})},$$
$$= 6\sqrt{2}.10^5.\pi \frac{1}{\lambda_{(m)}} \sqrt{C_{1(\text{mfd.})} W_{1(\text{watts})}},$$

où λ est la longueur d'onde de fonctionnement.

Alors l'amplitude maximum dans le circuit de l'antenne et le courant d'antenne mesuré à l'aide d'un thermique sont respectivement

$$I_{\substack{2\\0}(\text{amp.})} = f\sqrt{\frac{C_2}{C_1}} I_{\substack{1\\0}(\text{amp.})};$$
$$= 6\sqrt{2}.10^5 \pi f \frac{1}{\sqrt{\lambda_{(m)}}} \sqrt{C_{2(\text{mfd.})} W_{1(\text{watts})}}.$$

$$I_{2(\text{amp.})} = \frac{1}{2} I_{\substack{2\\0}} \sqrt{\frac{\xi}{\gamma_2}} = \frac{1}{2} f I_{\substack{1\\0}} \sqrt{\frac{C_2}{C_1} \frac{\xi}{\gamma_2}},$$
$$= f\sqrt{\frac{\xi w_{1(\text{watts})}}{R_{2(\text{ohms})}}} = f\sqrt{\frac{W_{1(\text{watts})}}{R_{2(\text{ohms})}}},$$

où f est un pourcentage constant, C_2, γ_2 la capacité équivalente et le facteur d'amortissement du circuit de l'antenne, et R_2 la résistance équivalente de ce circuit com-

([1]) La tension d'étincelle critique dans le circuit du condensateur est celle qui donne le maximum de courant dans un circuit accouplé avec ce dernier.

prenant les résistances ohmiques et les résistances de radiation.

Si le seul but cherché est d'augmenter le courant d'antenne tel qu'il est mesuré par un ampèremètre thermique, le moyen le plus efficace est d'augmenter I_{1_0} et I_{2_0} en augmentant la tension d'étincelle V_1, mais l'on sait que par suite de la résonance entre le circuit du condensateur et le circuit primaire, ceci est réalisé au détriment de la fréquence de l'étincelle.

Si la puissance W_1 dans le circuit du condensateur est invariable, le courant dans l'antenne n'est affecté que par la résistance équivalente totale du circuit aérien donné, et il est indépendant d'une addition de self-induction, ou d'une altération de longueur d'onde ou de capacité; par suite, l'adjonction d'un élément étranger dans le circuit d'antenne n'agira sur le courant que par sa résistance ohmique uniquement [1].

Quant au facteur constant f, au sens technique, son carré représente le pourcentage de puissance du circuit du condensateur qui passe dans le circuit de l'antenne, c'est-à-dire le rapport de $R_2 I_2^2$ à W_1. Cette constante f correspond au facteur ρ défini par Drude, et est fonction du degré d'accouplement et des amortissements des deux circuits accouplés sans éclateur dans le primaire [2].

La constante f est une fraction et devient égale à l'unité dans le cas idéal. Par conséquent, si nous prenons $f = 1$, la valeur de I_2 correspondante représentera le courant d'antenne idéal (maximum).

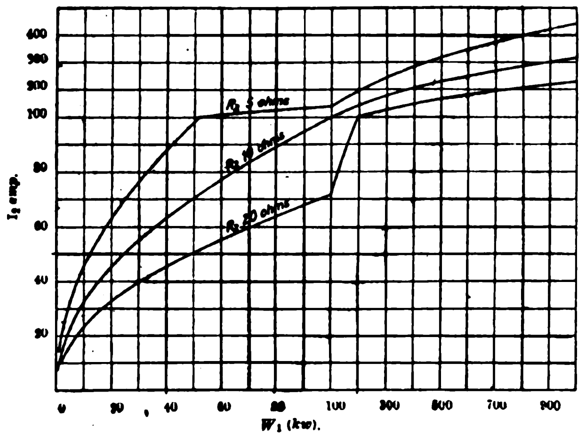


Fig. 6. — Relation entre le courant d'antenne idéal et la puissance dans le circuit du condensateur.

Courant d'antenne idéal $I_2 = \sqrt{\dfrac{W_{1\,(\text{watts})}}{R_{2\,(\text{ohms})}}}$.

On voit, par les relations précédentes, qu'il est très important de connaître la valeur exacte de la tension d'étincelle pour l'éclateur employé, celle de la fréquence d'étincelle dans les conditions réelles de décharge, ou bien la mesure exacte de la résistance ohmique ou de l'amortissement du circuit du condensateur dans les conditions mêmes de fonctionnement. Sans ces quantités fondamentales, les conclusions auxquelles on aboutit peuvent être influencées par de nombreuses contingences.

Toutefois, quand ces différentes mesures ont été faites exactement, nous avons d'une part la relation exacte entre la puissance primaire et celle du condensateur, et d'autre part la relation entre la puissance du condensateur et celle qui a pour siège l'antenne. A l'aide de ces données, on pourra non seulement arriver à la construction correcte de chaque appareil et à l'établissement judicieux de l'ensemble, mais on possédera un critérium de l'amélioration du système, si par exemple on constate que f et F approchent davantage de la valeur unité, sans que cela soit au détriment des autres quantités jugées nécessaires.

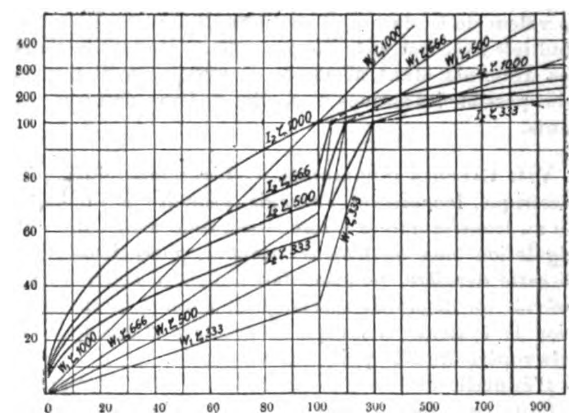


Fig. 7. — Puissance du condensateur et courant d'antenne idéal en fonction de l'énergie par étincelle.

On peut également arriver à la relation directe entre les portées exigées et les puissances à prévoir, c'est-à-dire au projet exact de la station radiotélégraphique.

Dans les courbes de la figure 7, pour différentes valeurs de w_1, la puissance totale W_1 a été calculée pour diverses fréquences d'étincelles musicales, et aussi pour le courant d'antenne idéal avec $R_2 = 10$ ohms.

Les courbes de la figure 6 se rapportent au calcul de celles de la figure 7. Elles représentent les relations

$$I_{2(\text{amp.})} = \sqrt{\frac{W_{1(\text{watts})}}{R_{2(\text{ohms})}}},$$

avec R_2 comme paramètre.

La relation entre W_1 et I_2 est indépendante de la fréquence d'étincelle; c'est la relation entre la puissance primaire idéale (minimum) et le courant d'antenne idéal (maximum).

La courbure de I_2 est très accentuée pour les faibles valeurs de W_1; R_2 a une grande influence sur les valeurs de I_2.

Les courbes de la figure 8, pour différentes valeurs de la capacité, montrent W_1 calculé pour différentes tensions

(1) C'est ainsi qu'en intercalant un variomètre dont la résistance ohmique est constante, le courant d'antenne peut, dans de certaines limites, être rendu invariable pour diverses longueurs d'onde de fonctionnement.

(2) *Cf.* P. DRUDE, *Ann. Phys.*, t. XIII, 1904, p. 545. — ZENNECK, *Leitfaden*, p. 87.

d'étincelle, ainsi que le courant d'antenne idéal pour une fréquence d'étincelle de 1000 et $R_2 = 10$ ohms.

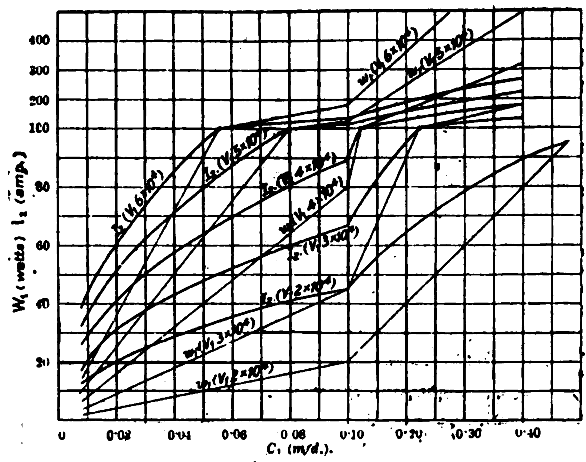


Fig. 8. — Énergie par étincelle et courant d'antenne idéal pour différentes capacités.

L'accroissement de W_1 et de I_2 est très rapide quand C_1 est petit, et quand V_1 est élevé.

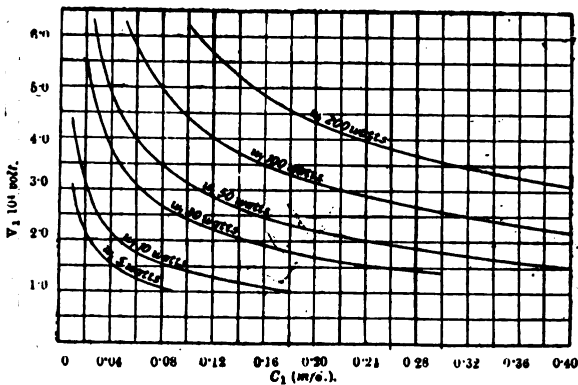


Fig. 9. — Tension d'étincelle pour une énergie par étincelle constante.

La figure 9 représente des courbes donnant les tensions d'étincelle pour différentes valeurs de W_1 et de la capacité. Les calculs ont été faits pour W_1 avec $\xi = 500$ et pour le courant d'antenne idéal avec $\xi = 500$ et $R_2 = 10$ ohms. Les variations de V_1 sont très rapides pour les faibles valeurs de C_1 et lorsque W_1 est petit; ces variations deviennent plus lentes pour les valeurs supérieures.

R. B.

Appareil pour l'envoi automatique des signaux horaires (1).

On sait que la récente Conférence internationale de l'Heure (2) a émis le vœu qu'à partir du 1er juillet 1913 les signaux horaires soient donnés conformément au diagramme reproduit en figure 1; ils comporteront, signaux d'avertissement mis à part, des points et des traits dont les durées exactes seront respectivement 0,25 et 1 seconde, avec des intervalles rigoureusement déterminés aussi.

Cette précision exige que les signaux soient donnés, non à la main, mais d'une manière automatique; c'est ce que permet de faire l'appareil dont le principe est indiqué ci-dessous.

Un cylindre métallique d'un grand diamètre tourne autour de son axe d'un mouvement uniforme. Sa surface convexe est travaillée de manière à former une vis à large pas et à filet carré.

Dans ce filet, le métal a été remplacé, par places, par une matière isolante et les longueurs respectives des parties isolantes et des parties conductrices sont respectivement proportionnelles aux durées des silences et des signaux à obtenir.

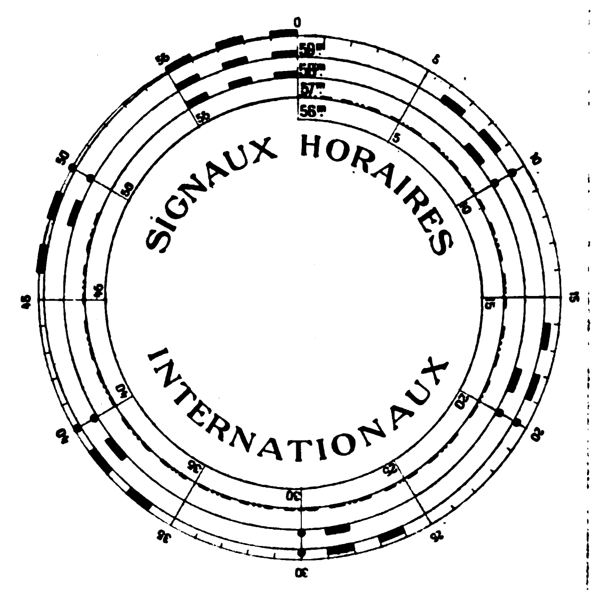


Diagramme indiquant le genre et la distribution des signaux horaires internationaux :

57m 0s à 57m 50s : signaux d'avertissement.
57m 55s à 58m 0s : signaux horaires. } *Traits* de 1s avec intervalles de 1s.
58m 8s à 59m 0s id.
59m 6s à 60m 0s id. } *Points* de ¼ de seconde.

D'autre part, un *contact*, qui appuie constamment sur la saillie du filet, se déplace dans le sens convenable et d'un mouvement sensiblement uniforme, parallèlement à une génératrice du cylindre, avec une vitesse qui lui fait parcourir un pas de l'hélice dans le temps que met le cylindre à parcourir un tour entier.

Avec cette disposition, et les connexions électriques convenables, il est évident qu'un courant électrique pourra traverser l'appareil chaque fois que le contact portera sur une partie conductrice : il produira donc exactement les signaux demandés.

En supposant que le cylindre ait 20 cm de rayon et

(1) G. BIGOURDAN, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 13 janvier 1913, p. 105-108.

(2) *La Revue électrique*, t. XVIII, 22 novembre 1912, p. 450.

fasse 1 tour par minute, la durée de 1 seconde correspond à 21 mm. Le contact, en forme de couteau orienté suivant la génératrice, pouvant avoir une arête réduite à moins de 0,2 mm, il donnera les durées demandées des signaux et des silences à moins d'un centième de seconde. On pourrait, d'ailleurs, obtenir plus de précision encore, s'il était nécessaire, en augmentant, par exemple, le diamètre du cylindre.

L'uniformité de la rotation du cylindre s'obtiendra en la faisant régler par une horloge, comme dans nombre d'autres appareils. Si, d'ailleurs, on possède un mouvement ainsi réglé, comme dans certains chronographes, on pourra lui faire entraîner également le cylindre.

Celui-ci sera fixé sur son axe par l'intermédiaire d'un rappel qui permettra les réglages, de manière à annuler sa *correction*. Pour faire ce réglage on ajoutera quelques spires supplémentaires disposées de manière à battre la seconde, qu'on mettra en accord avec le battement de la pendule. Et si celle-ci a une correction, avec le rappel et une division tracée sur une des têtes du cylindre, on pourra encore annuler la correction de l'appareil.

Postes radiotélégraphiques français. — Les postes côtiers français ouverts au service public sont donnés dans le tableau suivant :

SITUATION DU POSTE.	ADMINISTRATION dont il dépend.	PORTÉE normale en kilomètres.	SYSTÈME.	LONGUEUR d'onde en mètres.	HEURES d'ouverture.	TAXE côtière par mot.	INDICATIF d'appel.
AJACCIO	Marine.	Jour : 700 / Nuit : 1200	Marine française.	600	7 h à 22 h	fr 0,40 (1)	TAF
BOULOGNE-SUR-MER	Postes et Télégraphes.	300	État et Bellini Tosi.	300	Permanent.	0,40 (2)	UBL
BOUSCAT (près Bordeaux)	»	300	État français.	300	»	0,40	UBT
BREST-KERLAER	Marine.	Jour : 700 / Nuit : 1200	Marine française.	600	7 h à 22 h	0,40	TQF
CHERBOURG	»	»	»	»	»	0,40 (2)	TCF
CROS DE CAGNES (Nice)	Postes et Télégraphes.	300	État français.	300	Permanent.	0,40 (1)	UNI
DIEPPE	Ch. de fer de l'État.	100	Rochefort.	400	Pendant les traversées des paquebots.	//	DP
DUNKERQUE	Marine.	Jour : 700 / Nuit : 1200	Marine française.	600	Permanent.	0,40 (2)	TDF
FORT DE L'EAU (Algérie)	Postes et Télégraphes.	700	État français.	600 (3)	Permanent.	0,40	UFO
LORIENT	Marine.	Jour : 700 / Nuit : 200	Marine française.	600	7 h à 22 h	0,40	TLF
OUESSANT	Postes et Télégraphes.	700	État français.	600 (3)	Permanent.	0,40	UOS
ROCHEFORT	Marine.	Jour : 700 / Nuit : 1200	Marine française.	600	7 h à 22 h	0,40	TRF
SAINTES-MARIES-DE-LA-MER	Postes et Télégraphes.	700	État français.	600 (3)	Permanent.	0,40	USM

(1) Taxe réduite à $0^{fr},15$ pour les échanges avec les navires effectuant un service régulier entre la France d'une part, la Corse, l'Algérie et la Tunisie d'autre part.

(2) Réduite à $0^{fr},15$ pour les échanges avec les navires ayant leurs ports d'attache sur le littoral de la Manche et du Pas-de-Calais et effectuant un service régulier entre la France et l'Angleterre.

(3) Le service d'écoute fonctionne aussi sur ondes de 300 m. La station de Porquerolles vient d'être rayée dernièrement.

En dehors de ces postes, il en existe d'autres non ouverts au public et servant à la correspondance officielle ou aux essais; tels sont ceux de Brest (Arsenal), Oran, Port-Vendres, Toulon-École, Toulon-Mourillon sur les côtes et Paris (Tour Eiffel), Verdun, Toul, Épinal, Belfort et autres dans l'intérieur du pays, tous ces derniers sous la dépendance de l'autorité militaire.

Quelques postes appartenant aux grandes sociétés d'appareillage radiotélégraphique servent exclusivement à leurs essais.

Nouveaux postes téléphoniques publics. — On remarque depuis quelques mois, le long des rues de certaines villes de Westphalie et de l'Allemagne du Sud, des kiosques téléphoniques mis à la disposition du public sans que celui-ci ait à verser aucune rétribution pour la conversation proprement dite. Seul l'accès du kiosque n'est possible que par l'introduction d'une pièce de 0,05 fr dans une fente; la porte s'ouvre alors automatiquement et le client a la faculté d'user de tous les appareils. Les taxes téléphoniques sont acquittées par la Société qui a l'entreprise des kiosques, la maison Keller et Cº de Francfort. Celle-ci trouve son bénéfice d'abord dans la taxe d'entrée, puis dans les recettes provenant de la location des panneaux pour la réclame.



MESURES ET ESSAIS.

MESURES ÉLECTRIQUES.

Galvanomètre amorti à aimant mobile, système Ch. Féry.

La sensibilité d'un galvanomètre est nécessairement d'autant plus grande que le couple de torsion du fil soutenant l'équipage est plus faible et que le rendement du moteur électromagnétique constitué par l'aimant et la bobine est plus élevé. Dans les galvanomètres à bobine mobile ce rendement est très élevé, mais le couple nécessaire à la torsion du fil est toujours assez grand; la sensibilité de ces appareils se trouve ainsi limitée par l'amortissement qui peut prendre une valeur excessive. Au contraire dans les galvanomètres à aimant mobile, l'amortissement dû aux courants induits par les déplacements des aiguilles est toujours insuffisant et force à recourir à un amortissement auxiliaire. M. Ch. Féry a pensé que si l'on parvenait à augmenter l'amortissement propre de ce dernier galvanomètre en l'amenant à sa valeur critique, on augmenterait également la sensibilité. Une note présentée à la séance du 18 novembre de l'Académie des Sciences [1], indique comment M. Féry obtient cette augmentation de l'amortissement et de la sensibilité.

Dans tous les galvanomètres actuels à aimant mobile, le fil de la bobine entoure les deux pôles de l'aimant, de sorte que la spire intérieure doit avoir, au moins, comme diamètre la longueur de l'aimant mobile. Si, au lieu d'adopter cette disposition classique, on fait en sorte que l'un des pôles seulement soit soumis à l'action de la

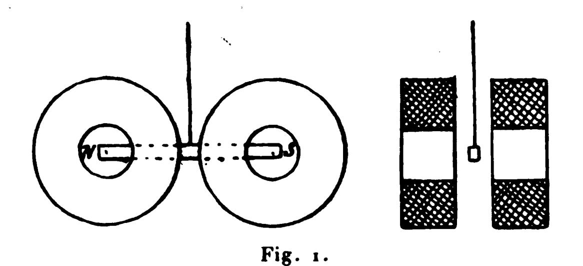


Fig. 1.

bobine, on peut donner aux premières spires un très petit diamètre. Dans ce cas un déplacement donné du pôle produit une variation considérable de l'angle soustendu par le contour du feuillet magnétique auquel chaque spire peut être assimilée. Il en résulte deux avantages immédiats : 1° augmentation de la force contre-électromotrice due au déplacement de ce pôle; 2° diminution de résistance de la spire considérée. Ces deux causes font que, mise en court circuit, la bobine se trouve parcourue, pendant le déplacement de l'aimant, par des courants assez intenses pour produire un amortissement important.

La réalisation de ces conditions peut s'obtenir simplement en plaçant chaque pôle de l'aimant suspendu entre deux paires de bobines plates assez rapprochées pour constituer un solénoïde unique. La figure 1 indique cette disposition.

La figure 2 montre une des formes qu'on peut donner à un équipage astatique; il est constitué par la réunion

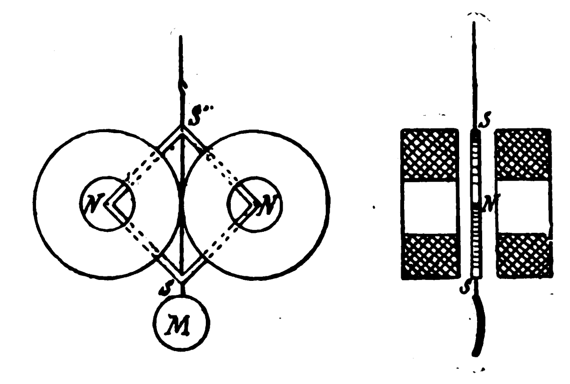


Fig. 2.

de quatre barreaux identiques réunis deux à deux par leurs pôles de même nom. Un galvanomètre d'essai monté de cette façon a donné une déviation de 1 mm sur une échelle située à 1 m pour un courant de 8.10^{-10} ampère. Chacune des quatre bobines a un diamètre extérieur de 12 mm et porte 160 tours de fil de 0,5 mm. La résistance des quatre bobines, en série, n'est que de 2 ohms. La durée d'oscillation est de 15 secondes.

M. Féry espère augmenter encore la sensibilité par l'emploi d'une cuirasse magnétique et d'un fil de suspension en quartz.

La représentation objective d'oscillations amorties avec l'oscillographe [1].

L'équation différentielle du courant de décharge

$$\frac{d^2I}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{dI}{dt} + \frac{I}{LC} = 0 \qquad (1)$$

admet trois solutions selon que

$$R^2C^2 \gtrless 4LC. \qquad (2)$$

[1] *Comptes rendus de l'Académie*, t. CLV, p. 1008-1010.

[1] J. Hermann, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXX, 12 décembre 1912, p. 1296.

Ces solutions sont

$$(3)\quad I = C_1\left(e^{-\frac{t}{T_1}} - e^{-\frac{t}{T_2}}\right) \quad \text{pour} \quad \frac{R}{2} > \sqrt{\frac{L}{C}},$$

$$(4)\quad I = C_2 t e^{-\frac{t}{T_3}} \quad \text{pour} \quad \frac{R}{2} = \sqrt{\frac{L}{C}},$$

$$(5)\quad I = C_3 e^{-\frac{t}{T_3}} \sin 2\pi \frac{t}{T_4} \quad \text{pour} \quad \frac{R}{2} < \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Quand R est nul, on obtient une oscillation périodique non amortie représentée par l'équation

$$(6)\qquad I = C_3 \sin 2\pi \frac{t}{T_5},$$

où

$$T_5 = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Dans ces équations, les temps T ont les valeurs suivantes :

$$T_1 = \frac{L}{\frac{R}{2} - \sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 - \frac{L}{C}}}, \quad T_2 = \frac{L}{\frac{R}{2} + \sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 - \frac{L}{C}}},$$

$$T_3 = \frac{2L}{R}, \qquad T_4 = \frac{2\pi L}{\sqrt{\frac{L}{C} - \left(\frac{R}{2}\right)^2}}.$$

A première vue, on ne voit pas le lien de parenté qui existe entre ces relations et les courbes qu'on en déduit; cependant, il est présumable qu'elles ne sont pas absolument indépendantes puisqu'elles dérivent toutes de la même équation différentielle. C'est ce que l'auteur a mis en évidence en construisant un certain nombre de ces courbes avec les données suivantes : $V = 100$ volts; $L = 0{,}0016$ henry; $C = 10^{-6}$ farad et R variable de 120 à 0 ohm par sauts de 20 ou 10 ohms.

Sur ce réseau de graphiques, on constate nettement le passage progressif de la décharge continue apériodique à la décharge oscillante. A mesure que R décroît, l'onde atteint des maxima de plus en plus grands, mais elle s'amortit beaucoup plus vite. Le dernier cas apériodique a lieu pour $R = 80$ ohms; pour $R = 60$ ohms on a déjà une oscillation, à la vérité peu marquée et encore fortement amortie; mais son amplitude augmente d'autant plus que R est plus faible; quand R est nul, on obtient l'oscillation maximum, non amortie, correspondant à l'équation

$$J = C_3 \sin 2\pi \frac{t}{T_5},$$

où

$$T_5 = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Il semble certainement plus séduisant de montrer objectivement toutes ces particularités au moyen de l'oscillographe de projection. Une méthode simple consiste à décharger un condensateur contenant une inductance L et une capacité C constantes, mais une résistance variable R. L'auteur a choisi une capacité de 33 microfarads, une bobine sans fer ayant une self-inductance de 0,3 henry, une résistance fixe de 12 ohms, et une autre résistance variable de 100 ohms.

Les oscillations avaient ainsi une fréquence de l'ordre de grandeur de celle des courants alternatifs ordinaires, c'est-à-dire en chiffres ronds 50 p : s. Le schéma du dispositif est représenté en figure 1. Pour que l'oscillographe donne sur l'écran une image continue, il faut produire des charges et décharges ininterrompues dans le circuit oscillant, ce qu'on réalise à l'aide du commutateur tournant U qui, pendant un demi-tour, met le circuit en communication avec la pile de charge et le court-circuite sur lui-même au demi-tour suivant.

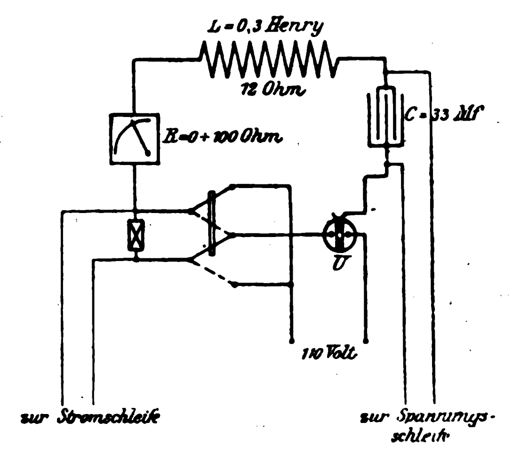


Fig. 1. — Schéma du circuit oscillant et des différentes connexions pour la démonstration objective du passage des oscillations apériodiques aux oscillations périodiques.

Le dispositif oscillographique est représenté en figure 2. S est le miroir de la boucle oscillographique; ce miroir se déplace autour d'un axe parallèle au plan du tableau; il fait décrire au rayon lumineux l'axe des ordonnées;

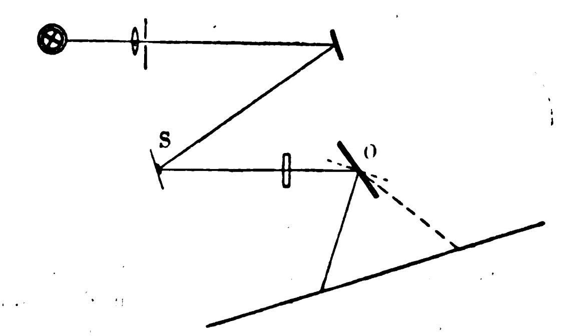


Fig. 2. — Disposition schématique de l'oscillographe pour montrer la décharge.

ce rayon est ensuite reçu sur un deuxième miroir O oscillant autour d'un axe perpendiculaire au plan du tableau de façon à faire décrire au rayon lumineux l'axe des abscisses. On obtient donc sur l'écran la courbe du courant. Après la décharge, le spot revient au zéro, mais sa trace sur l'écran est plutôt gênante; on le supprime

pendant le retour et l'on règle les vitesses de façon à effectuer la charge du circuit pendant cette phase de l'expérience. Il n'est pas nécessaire non plus que l'oscillographe participe à la charge; c'est pourquoi on réalise les connexions comme on le voit sur la figure 1. Si l'on a soin de rendre le commutateur tournant et l'oscillographe solidaires du même moteur à courant continu, il est facile de trouver une vitesse pour laquelle le phénomène de la décharge est nettement visible; en agissant ensuite par échelons insensibles sur le rhéostat, on fait défiler sur l'écran toutes les variantes de courbes. Quand on dispose d'un oscillographe double, on peut en même temps projeter les courbes de tension.

Pour montrer le mécanisme de la charge, on déplace le commutateur de l'autre côté, et pour la projection, on coupe la liaison entre le commutateur et le miroir oscillant, on fait tourner le commutateur de 180°, et l'on rétablit la liaison. B. K.

La mesure des courants vagabonds dans les conduites souterraines (¹).

La mesure des courants électriques circulant dans les conducteurs souterrains, tels que les tuyaux, présente des difficultés diverses, surtout dans la détermination du courant qui entre dans le tuyau ou qui en sort par l'intermédiaire du sol environnant. La corrosion électrolytique des conduites étant due aux courants qui en sortent pour entrer dans le sol, il est important de pouvoir localiser et mesurer ces courants. Il y a grand intérêt aussi à pouvoir déterminer la source de ces courants vagabonds. L'auteur a imaginé et mis en pratique dans ce but plusieurs méthodes affranchies de toute hypothèse douteuse, car il s'agissait d'une expertise juridique.

La méthode habituelle consiste à mesurer la chute de tension en millivolts sur une certaine longueur de la conduite mise à découvert dans ce but et à en déduire l'intensité en admettant une certaine valeur pour la résistance de la conduite. Mais cette hypothèse sur la valeur de la résistance peut être très erronée.

Après bien des essais, on adopta les procédés suivants :

Le principe fondamental est celui-ci : Soit P (*fig.* 1)

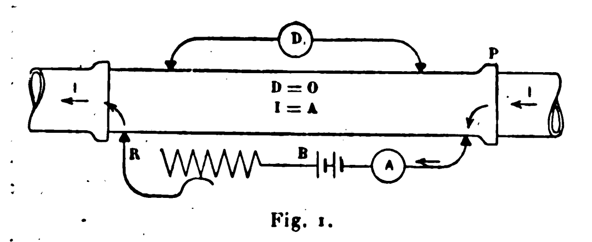


Fig. 1.

une partie d'une conduite souterraine qu'on a mise à découvert et dans laquelle circule un courant inconnu I. Supposons d'abord que ce courant soit de valeur fixe et bien entendu, continu. Soit D un galvanomètre sensible pouvant déceler de faibles différences de potentiel, un millivoltmètre par exemple, monté comme l'indique la figure; il est préférable qu'il n'existe pas de résistance variable, comme celle d'un joint de tuyau sans jonction électrique, entre les deux connexions. Soient A un ampèremètre, B quelques éléments d'accumulateurs, *R* une résistance réglable; le circuit dérivé qui les contient est relié à la conduite en des points quelconques, mais situés extérieurement aux points d'application du galvanomètre D; plus ils en sont éloignés, mieux cela vaut; ils peuvent même être de l'autre côté d'un joint.

Pour trouver le courant qui circule dans la conduite, on règle la résistance *R* de façon à ramener D au zéro; il n'y a plus alors de courant dans la partie shuntée de la conduite, donc la lecture de l'ampèremètre indique la valeur *I* du courant dans cette conduite.

Si D n'est pas un simple galvanoscope, mais un galvanomètre à déviations proportionnelles, on aura, en lisant sa déviation immédiatement après avoir coupé le circuit dérivé, une valeur proportionnelle à la chute de tension correspondant à ce courant. L'appareil D se trouve ainsi étalonné pour indiquer directement les valeurs du courant dans la conduite, et l'on peut dès lors l'appliquer à cet objet; l'essai avec le courant des accumulateurs n'est donc qu'un étalonnage préliminaire et l'on n'a besoin de l'effectuer qu'une seule fois pour chaque poste d'essai.

Si, en outre, l'appareil voltmétrique est étalonné pour indiquer directement les tensions, par exemple en millivolts ou microvolts, alors, si l'on divise par l'intensité la déviation exprimée en millivolts, on a en milliohms la résistance du tuyau entre les deux points d'application du voltmètre.

Il est recommandable, dans la plupart des cas, d'établir d'une façon permanente ces connexions voltmétriques et de les rendre accessibles au moyen de fils qu'on amène à la surface du sol avant de combler la tranchée. La constante ayant été mesurée une fois pour toutes par l'essai qu'on vient d'exposer, on peut dès lors mesurer à tout instant le courant dans la conduite, d'une façon correcte et très simple, avec un millivoltmètre. Cette constante s'exprime le plus commodément en ampères par millivolt, rapport qui n'est autre que la conductance en millimhos.

Le courant qui entre dans la conduite ou qui en sort entre deux points donnés peut se déterminer en faisant cet étalonnage en chacun des deux points et en prenant ensuite des mesures simultanées des intensités dans la conduite aux deux postes d'essai avec deux millivoltmètres ou galvanomètres étalonnés; la différence entre ces deux lectures indiquera et la valeur de ce courant, et s'il est entrant ou sortant.

Dans ce procédé, la conduite ne doit ni recevoir, ni laisser sortir de courant entre les points de branchement du circuit dérivé; il faut donc qu'il n'y ait ni eau, ni terre humide en contact avec cette partie du tuyau.

On admet ici que le court tronçon de tuyau situé entre les contacts du circuit dérivé est une fraction trop faible du circuit total des courants étudiés pour que la valeur de ces courants soit modifiée quand ce tronçon est mis pratiquement hors circuit, comme cela a lieu quand le cou-

(¹) Carl Hering. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 28 juin 1912 (*Proceedings of the A. I. E. E.*, t. XXXI, juin 1912, p. 1147-1161.

rant est dérivé par le circuit auxiliaire. Cette hypothèse est probablement admissible dans tous les cas de la pratique.

La nature du reste du circuit, en dehors du tronçon de conduite essayé, n'influant en rien sur la méthode, on peut l'appliquer au réseau de conduites le plus compliqué, même quand les tuyaux sont interconnectés quelque part ensemble ou reliés électriquement aux rails du tramway.

Quand on mesure la résistance de la conduite par cette méthode, ou, d'une façon générale, quand on mesure la chute de tension, on admet naturellement que l'intensité reste constante pendant qu'on relève les deux lectures successives; aussi est-il bon de les répéter plusieurs fois l'une et l'autre. Quand le courant est trop variable, on a recours au procédé décrit plus loin.

Si au lieu de millivoltmètres on emploie, pour plus de sensibilité, des galvanomètres portatifs à miroir et lunette, comme ceux dont s'est servi l'auteur pour ces essais, il est nécessaire de les étalonner sur place en volts avant chaque essai. Il est facile de le faire avec l'accumulateur, l'ampèremètre et le rhéostat dont on dispose; on fait passer un courant de valeur déterminée dans une résistance faible de valeur connue, et l'on a ainsi une tension connue qui sert à étalonner l'appareil. Un tel galvanomètre est d'ailleurs généralement muni de shunts et, en ce cas, on peut aussi l'étalonner par comparaison avec un millivoltmètre.

Une variante recommandable de la méthode est la suivante : au lieu de chercher à régler le courant dans le circuit dérivé de façon à amener au zéro l'appareil D, il est bien plus commode d'employer pour D un véritable instrument de mesure et non un simple galvanoscope, de faire alors passer dans le circuit dérivé un courant déterminé, 10, 50 ou 100 ampères, et de lire les deux déviations de D quand ce courant passe et quand il est coupé. La différence entre les deux lectures correspond à ce courant, ce qui permet de graduer l'appareil en ampères. On emploiera de préférence une intensité qui diminue le plus possible la déviation primitive. En se servant ainsi de la différence entre une grande déviation et une petite, on diminue les erreurs dues aux déplacements de zéro qui se produisent si souvent dans les instruments de grande sensibilité. Cette méthode a aussi l'avantage qu'un seul observateur peut lire A et D, car il règle d'abord au moyen du rhéostat l'intensité dans le circuit dérivé à la valeur voulue et peut ensuite ouvrir et fermer le circuit sans avoir à observer A, ce courant étant absolument constant. Il n'a donc besoin que d'observer D.

Tout ceci ne s'applique qu'à des courants dont la valeur reste fixe, au moins pendant quelques secondes, de sorte qu'on puisse faire deux lectures successives, puisque la chute de tension et l'intensité ne peuvent être mesurées simultanément dans la forme qu'indique la figure 1. Il est vrai que cet essai est seulement destiné à l'étalonnage de l'appareil et n'a besoin d'être fait qu'une seule fois pour chaque poste, ce qui permet de lui consacrer un certain temps, en attendant une occasion favorable. Mais pour les cas où les variations de courant sont trop rapides, l'auteur indique la méthode suivante :

Il faut disposer de deux appareils D et V (*fig.* 2) qui soient tous les deux des appareils de mesure et non de simples galvanoscopes. Ces deux instruments n'ont pas besoin d'être étalonnés en volts; ce peuvent donc être deux galvanomètres quelconques, pourvu seulement qu'ils donnent exactement la même déviation quand on

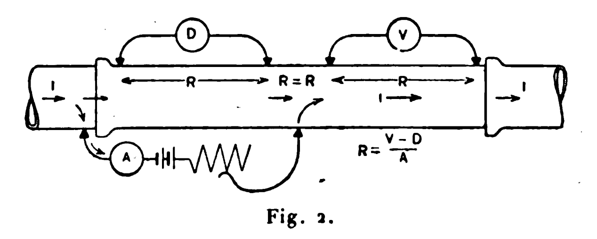


Fig. 2.

les monte en parallèle l'un sur l'autre; on peut les y amener au moyen d'une résistance mise en série. Deux bons millivoltmètres conviendraient à condition que leurs déviations fussent assez grandes et assez justes pour que leur *différence* pût être considérée comme une quantité exactement mesurée, car la méthode consiste à mesurer cette différence.

Ayant ces deux appareils D et V, on déplace les points de contact de l'un ou de l'autre sur la conduite de façon que les deux instruments donnent toujours la même déviation pour le courant dans la conduite seul. Ce réglage, bien entendu, ne doit pas se faire en introduisant une résistance réglable dans le circuit de l'appareil, mais en déplaçant les points de contact sur le tuyau, de sorte que trois seulement de ces contacts peuvent être établis d'une façon permanente, le réglage se faisant par le quatrième. Le résultat obtenu, les deux tronçons de conduite reliés aux bornes des deux appareils ont des résistances égales, puisqu'un courant d'intensité quelconque y donne lieu à des chutes de tension égales. Si maintenant on retranche une fraction connue de ce courant au moyen d'un accumulateur placé en dérivation, comme plus haut, et si l'appareil D est branché en dedans des points de contact de l'accumulateur et l'appareil V en dehors, la différence entre les lectures de D et de V doit correspondre à la différence entre les courants qui circulent dans ces deux portions de la conduite et cette différence est naturellement égale au courant *A*, d'intensité connue, que fournit l'accumulateur. Donc, en divisant cette intensité connue par la différence des deux déviations, on étalonne les deux appareils pour la mesure ultérieure des courants dans la conduite, c'est-à-dire que chacun d'eux indiquera les ampères par unité de sa graduation. Cette méthode est analogue à celle décrite plus haut, sauf qu'ici les deux lectures ne sont plus successives, mais simultanées.

Comme précédemment, les mesures ci-dessus permettront de calculer la résistance des tronçons de conduite reliés aux deux instruments, pourvu que ceux-ci soient étalonnés en volts. Les lectures en millivolts, divisées par la valeur maintenant connue des courants en ampères, donneront les résistances des conduites en milliohms.

S'il est incommode de fixer les contacts sur le tuyau de telle sorte que les indications des deux appareils soient identiques, on pourra tenir compte dans le calcul de

l'inégalité de leurs indications. Un essai préliminaire est nécessaire pour déterminer le facteur de correction à appliquer : on prend une série de lectures simultanées des deux instruments en se servant du courant dans la conduite seul, ou, s'il est trop faible, on lui ajoute le courant de l'accumulateur dont on inverse alors la polarité, et ce courant doit alors, bien entendu, circuler dans les deux portions de la conduite, et non dans une seule comme sur la figure. De cette série de mesures on tire une moyenne pour le quotient des lectures de D par celles de V. Soit n ce quotient; alors toutes les lectures suivantes de l'appareil V dans l'essai principal doivent être multipliées par ce facteur de correction n, pour les ramener à la valeur qu'elles auraient si les deux tronçons de la conduite avaient des résistances égales.

Il faut faire grande attention, dans tous ces essais, à ce que le sens des courants soit bien celui qu'il faut.

Une autre recherche à laquelle s'est livré l'auteur, c'est celle de la source des courants vagabonds qui circulent dans les tuyaux. Cette question a souvent une grande importance dans les procès.

L'auteur a imaginé et appliqué avec succès dans un grand nombre de cas le procédé suivant : il mesure un grand nombre de fois, simultanément, le courant (ou la chute de tension) dans la conduite et dans le circuit de la source supposée du courant, en relevant spécialement les valeurs les plus fortes et les plus faibles; il trace les deux courbes de ces variations sur une même feuille de papier, à des échelles différentes s'il le faut pour que les deux ordonnées moyennes soient presque égales. Si les pointes et les creux de ces deux courbes se correspondent à peu près, il est certain que les deux courants viennent de la même source. Si les deux courbes sont très différentes, la source supposée n'est pas la vraie ou du moins n'est pas la seule.

Dans cette mesure, les lectures n'ont pas besoin d'être exprimées en volts ni ampères; elles doivent seulement être proportionnelles à ces grandeurs; les instruments n'ont donc pas besoin d'être étalonnés, mais doivent

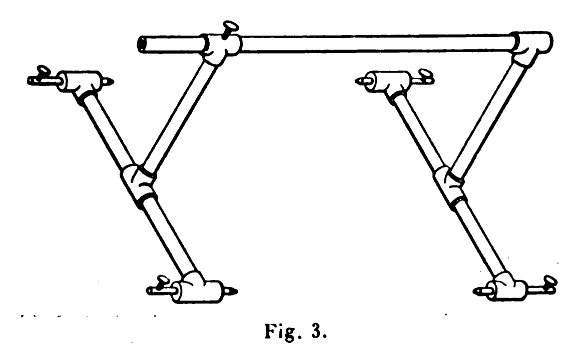


Fig. 3.

donner des déviations bien proportionnelles. On n'a pas non plus besoin de tenir compte de la résistance des fils de connexion, qui peuvent être de grande longueur.

On peut appliquer les procédés qu'on vient de décrire à d'autres conducteurs que les conduites souterraines; on peut par exemple mesurer la résistance d'une portion de circuit telle qu'une barre omnibus, un shunt posé à demeure, etc., dans laquelle il passe du courant et qu'on ne peut isoler du reste du circuit.

Pour établir les contacts avec les tuyaux, on a adopté l'appareil représenté figure 3; c'est un châssis en tubes de bicyclette, portant quatre pointeaux trempés à leur extrémité et isolés de la masse. Ce châssis se place à cheval sur la conduite et le contact pour un même conducteur est ainsi établi en deux points diamétralement opposés du tuyau. Un léger coup de marteau fait pénétrer ces pointeaux dans le métal de la conduite, et les contacts ainsi obtenus sont suffisants, même pour des courants de 100 ampères. P. L.

Nouveaux appareils de tableaux, système Weston, pour courants alternatifs (1).

Donnons tout d'abord quelques généralités sur la construction des appareils de mesure pour tableaux de distribution.

L'usage s'est répandu de désigner les instruments de mesure correspondant à un type donné par le diamètre extérieur de la boîte de protection. Cet usage est tout à fait illogique et erroné, car la partie principale de l'instrument de mesure au point de vue de la forme extérieure est certainement la grandeur de l'échelle.

La grandeur de l'écart maximum correspondant à la totalité de l'échelle et la longueur de l'aiguille permettent de déterminer toutes les autres grandeurs qui peuvent servir à comparer les divers types d'appareils.

Une longueur d'échelle déterminée, pour un angle d'écart compris généralement entre 80° et 90°, conduit à une certaine longueur de l'aiguille; cette longueur a la plus grande influence sur l'inertie de l'équipage mobile et sur l'amortissement de l'appareil.

Pour passer de l'emploi d'une aiguille courte à une aiguille longue, il faut transformer complètement le système de construction.

Pour pouvoir uniformiser le type d'une série d'appareils, ce qui est absolument nécessaire à tous points de vue pour les constructeurs, il faut tenir compte le plus judicieusement possible de tous ces facteurs et en tirer le meilleur parti. Une échelle très souvent employée en Europe correspond à une longueur d'arc de 120 mm à 130 mm, qui, pour un écart angulaire moyen de 85°, correspond à une longueur d'aiguille de 80 mm. Ce sont là les plus petites dimensions qu'il soit judicieux d'admettre pour la construction des appareils de tableaux.

Une échelle de cette longueur permet en effet déjà difficilement une graduation en 120 parties; chaque trait n'étant en effet distant du précédent que de 1 mm, la graduation n'est déjà plus lisible pour des distances assez faibles : à cause d'un effet d'optique, les traits se fondent sous le regard.

En Angleterre et en Amérique, on utilise des appareils de plus grandes dimensions; toutefois on peut dire que, si les instruments de mesure d'un tableau de dis-

(1) R.-O. HEINRICH, Conférence faite à l'Union des Électrotechniciens de Dresde (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XLI et XLIII, 24 et 31 octobre 1912).



tribution sont placés à une hauteur légèrement supérieure à celle d'un homme, l'échelle minimum qu'on puisse adopter pour une lecture facile des appareils correspond à une longueur d'arc de 165 mm, ce qui, pour un angle d'écart moyen de 85°, conduit à une longueur d'aiguille de 110 mm. Une telle échelle peut être divisée en 100 ou même 150 parties égales. Il n'est pas logique de placer sur un tableau les appareils de mesure à une distance inférieure à 1,45 m au-dessus du sol.

Le Dr Weston a émis comme principe absolu que l'enveloppe extérieure de tous les appareils de tableaux, quel que soit leur principe, doit être en fer, pour préserver ces derniers contre les champs magnétiques extérieurs.

On ne saurait trop insister sur ce point. L'enveloppe d'un instrument de mesure doit offrir une protection mécanique très résistante, être bien ajustée et protéger parfaitement l'appareil contre l'introduction des poussières; de plus, dans les cas où cela est nécessaire, jouer le rôle d'un écran magnétique par rapport au système électrique de l'appareil. Il est à remarquer que ce principe conduit à prendre des soins supplémentaires dans la détermination du diamètre de la boîte de l'appareil.

Si l'enveloppe extérieure doit en effet servir d'écran magnétique d'une façon efficace, il est nécessaire que cette enveloppe soit à une certaine distance minimum des pôles des aimants permanents ou des parties en fer doux de l'appareil, pour éviter des effets polarisants.

En tenant compte de toutes ces considérations, on a généralisé pour les appareils de tableaux système Weston le diamètre extérieur à 240 mm environ pour la boîte, y compris le flasque de fixation sur le marbre du tableau.

Les instruments décrits ci-dessous sont ceux qu'on utilise le plus généralement sur les tableaux de distribution pour courants alternatifs.

Ils se divisent en deux catégories :

a. Les appareils dynamométriques sans fer;

b. Les appareils électromagnétiques.

a. Appareils dynamométriques. — Wattmètre, synchronoscope, indicateur de facteur de puissance (phasemètre). Au point de vue de la construction mécanique, ces trois types d'appareils sont semblables dans les grandes lignes; le wattmètre et le synchronoscope sont pratiquement identiques, le phasemètre diffère des deux précédents par certains points de détails.

La figure 1 représente un wattmètre monophasé, système Weston, pour tableaux de distribution.

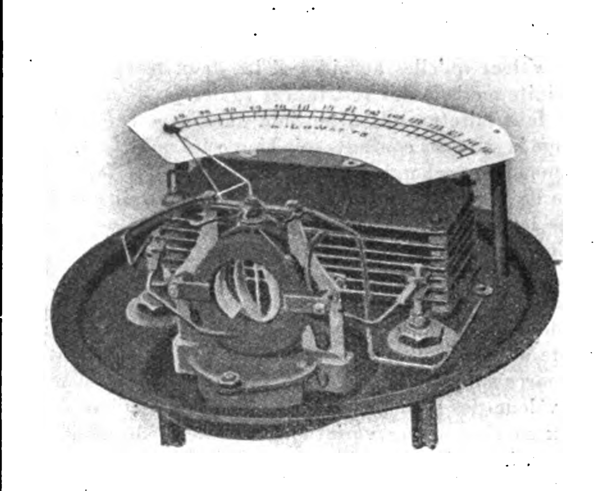


Fig. 1. — Wattmètre monophasé système Weston.

Le système fixe se compose de deux bobines qu'on peut centrer exactement et d'une façon définitive sur deux montants qui servent en même temps à supporter l'équipage mobile. Ces montants sont constitués par des pièces en tôle épaisse emboutie, d'un alliage spécial, qui présente une grande résistance mécanique alliée à une très haute résistance électrique. La masse de ces deux montants est aussi faible que possible, ce qui permet de réduire les courants de Foucault dans ces appareils à un point tel qu'ils sont pratiquement négligeables.

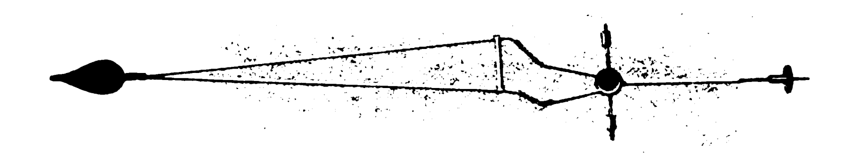


Fig. 2. — Spécimen d'aiguille des appareils Weston pour tableaux.

La bobine mobile est constituée par du fil guipé à la soie; elle est enduite d'un ciment spécial qui lui donne une très grande rigidité. Pendant le bobinage, on ménage en deux points diamétralement opposés de la bobine deux petites ouvertures pour permettre le passage de l'axe. Ce dernier est introduit dans de petits trous pratiqués dans un cercle en tôle placé à l'intérieur de la bobine et faisant corps avec elle au moyen d'un mastic spécial. Deux petites goupilles assurent la position exacte de la bobine mobile sur l'axe, après son centrage.

La construction de l'aiguille est toujours, dans un appareil de mesure, un point très délicat. Dans les appareils Weston, elle se compose (*fig.* 2) d'un bâti en trois



parties, chaque partie étant formée d'une tige annulaire. L'aiguille se termine par un index appointé en métal très mince. Le contour de cet index est renforcé par un rebord embouti.

L'aiguille est fixée à une croix métallique formant contrepoids. Cette croix se compose d'un petit noyau central auquel viennent se fixer deux tiges courtes et une tige longue.

Chacune de ces tiges porte une vis de réglage; la tige la plus longue est dans le prolongement de l'axe de l'aiguille. L'ensemble permet d'équilibrer très exactement le système. Cette construction constitue un progrès remarquable, elle permet en effet de faire complètement disparaître les phénomènes d'oscillations et de résonances qui se produisent dans certains appareils lorsque la fréquence varie dans les proportions normales en service industriel. Ces phénomènes peuvent dans certains appareils produire de fortes oscillations de l'aiguille, qu'on serait tenté d'attribuer à des oscillations de puissance.

La conformation de l'aiguille décrite ci-dessus permet d'éliminer complètement cet inconvénient. Les appareils Weston peuvent être soumis à des fréquences variant de 15 à 900 périodes par seconde, sans manifester ce phénomène d'oscillations.

Le système amortisseur des appareils Weston se compose de deux ailettes très légères, fixées sur l'axe du système mobile et symétrique par rapport à lui. Ces deux ailettes se déplacent dans un espace fermé aussi étanche que possible. Elles sont en tôle d'aluminium, renforcée sur le pourtour par un rebord embouti et arrondi aux angles de façon à épouser le mieux possible les contours des parois de la chambre. Cette chambre est coulée d'une seule pièce et forme le bâti pour la fixation de l'ensemble.

Les deux chambres sont faites en forme de secteurs, avec des parois légèrement coniques vers le bas pour permettre d'entrer et de sortir facilement les ailettes.

Chaque chambre est recouverte par un couvercle bien ajusté également en forme de secteur (*fig.* 3). La com-

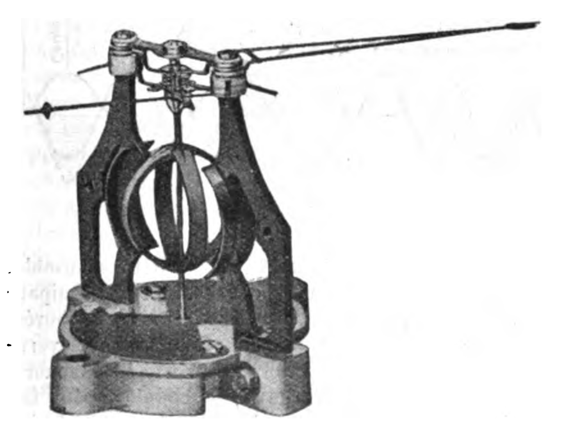


Fig. 3. — Équipage mobile et amortisseur à air du phasemètre.

munication avec l'air extérieur n'a lieu que par un trou très petit au centre du couvercle et qui permet juste le passage de l'axe et son déplacement sans frottement.

Deux ressorts en spirale sont réunis d'une part à la partie fixe, d'autre part à la partie mobile et servent en même temps à équilibrer le couple et à amener le courant à la bobine mobile. Pour cela ils sont réunis chacun à une vis formant borne placée sur les deux montants de fixation; chacune de ces vis est reliée par un conducteur de forme approprié aux bornes principales de l'appareil.

La figure 3 représente l'ensemble de l'équipage mobile du phasemètre.

Le wattmètre polyphasé de la figure 4 est au fond constitué par deux wattmètres monophasés superposés; les

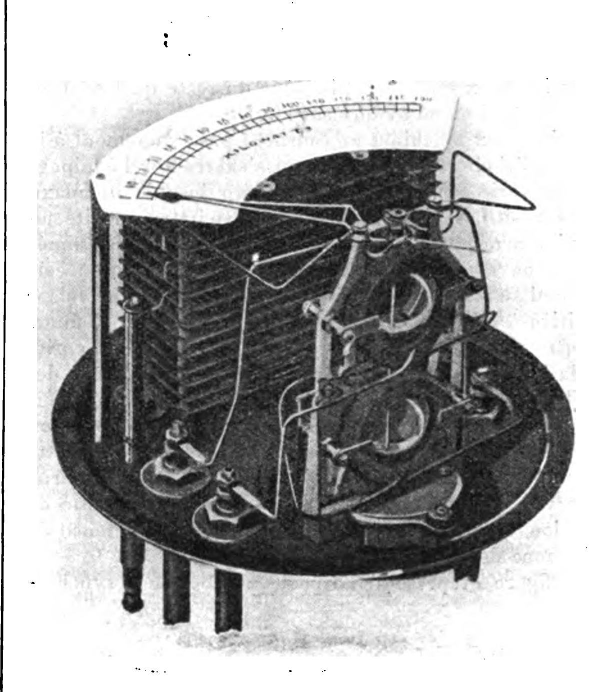


Fig. 4. — Vue d'ensemble du wattmètre polyphasé.

détails de construction sont les mêmes que précédemment.

Nouveau synchronoscope type Weston. — Ce nouveau synchronoscope est un appareil dynamométrique pour tableaux de distribution. L'aiguille se trouve placée derrière une échelle graduée transparente. Cette échelle est éclairée par une lampe de phase montée d'après le schéma dit à l'allumage.

La bobine fixe est reliée au réseau par l'intermédiaire d'une résistance. La bobine mobile, fixée sur un axe en saphir, est reliée à la machine à coupler par l'intermédiaire d'un condensateur. Les deux bobines fixes et mobiles sont constituées par du fil fin. Normalement l'aiguille reste au milieu de l'échelle, l'appareil ne fonctionnant pas.

On peut établir la résistance du circuit fixe et la capacité du circuit mobile de telle façon que les courants dans ces deux circuits soient décalés entre eux d'un quart de période, lorsque les tensions sont en concordance de phase ou en opposition.

Dans ces deux cas, aucun couple n'agit sur l'équipage mobile, l'aiguille se trouve exactement en face du petit rectangle noir placé au milieu de l'échelle. Si les tensions sont en opposition, la lampe de phase ne s'allume pas; l'allumage de cette dernière ne se produit que lorsqu'il y a concordance de phase; l'aiguille se trouve au milieu de l'échelle et fortement éclairée lorsque le synchronisme parfait est atteint.

Si au contraire les deux tensions ne sont pas exactement en concordance de phase ou en opposition, un certain couple agit sur l'équipage mobile et l'oblige à s'écarter du milieu de l'échelle d'un angle d'autant plus grand que la différence de phase est plus importante; le sens de la déviation dépend de la direction respective des courants dans les deux bobines; il indique du reste quel courant est en retard ou en avance sur l'autre.

Si les deux machines ne tournent pas exactement à la même périodicité, le couple qui s'exerce sur l'équipage mobile varie continuellement de zéro jusqu'à un maximum positif, revient à zéro pour atteindre ensuite un maximum négatif. L'aiguille de l'appareil est alors animée d'un mouvement de va-et-vient. Chaque oscillation correspond au passage de la différence de phase d'une valeur positive à une valeur négative ou inversement. Comme, d'autre part, les alternatives de lumière et d'obscurité de la lampe de phase coïncident avec le phénomène des oscillations, il s'ensuit que l'aiguille n'est visible que pour l'une des deux sortes d'oscillations; on a l'impression que l'aiguille tourne dans un sens donné. Le sens de cette rotation apparente indique si la machine à coupler tourne trop vite ou trop lentement et la vitesse apparente de rotation donne un moyen d'apprécier la différence de fréquence des deux machines.

La figure 5 représente l'aspect extérieur de ce synchronoscope; la figure 6 donne le schéma de l'appareil; enfin, la figure 7 en représente le diagramme de fonctionnement.



Fig. 5. — Vue extérieure du synchronoscope Weston.

Les courbes du haut de la figure sont relatives à deux sinusoïdes de périodicité différentes. La résultante des deux sinusoïdes est représentée en pointillé; c'est cette résultante qui agit sur la lampe. La partie hachurée correspond aux limites à l'intérieur desquelles le courant dans la lampe n'est pas suffisant pour allumer cette dernière. Tant que le maximum de la résultante reste à l'intérieur de cette zone, on a l'obscurité dans l'appareil.

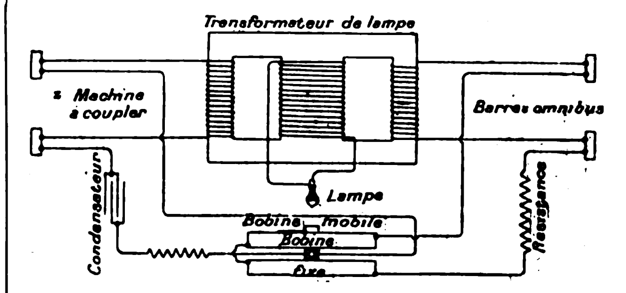


Fig. 6. — Schéma du synchronoscope.

Les courbes du milieu de la figure représentent les deux mêmes sinusoïdes, mais en admettant que la machine à coupler (reliée à l'équipage mobile et au condensateur) tourne le plus vite.

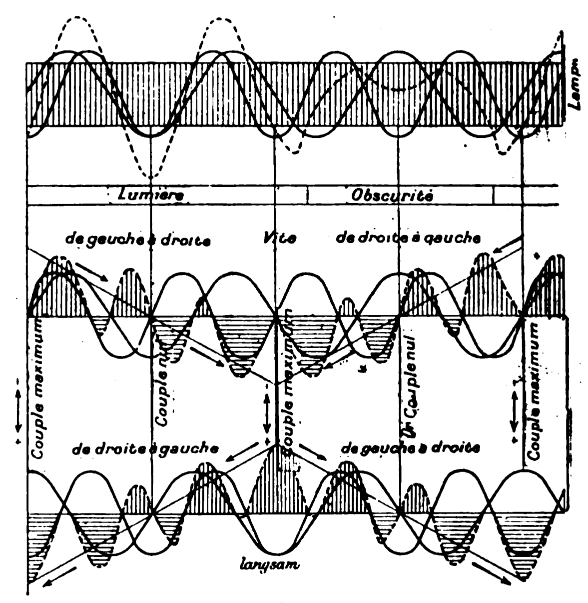


Fig. 7.

Le produit des valeurs instantanées de deux sinusoïdes peut servir de mesure au couple agissant sur l'équipage mobile. Il est représenté par les surfaces hachurées limitées par la courbe en pointillé. Les hachures verticales correspondent à un couple positif, les hachures horizontales à un couple négatif; le couple positif fait dévier l'aiguille vers la gauche, le négatif vers la droite. Les courbes inférieures sont établies de la même façon que les précédentes, mais avec cette différence que la courbe en retard correspond à la machine à coupler.

La diagramme montre que, lorsque la machine à coupler tourne trop vite, l'aiguille se déplace de gauche à droite et l'échelle est éclairée par la lampe; le contraire

se produit si la machine à coupler tourne trop lentement. Le cas du diagramme de la figure est fortement exagéré, dans le but d'expliquer plus clairement le phénomène.

La lampe de phase est reliée au secondaire d'un transformateur à trois branches d'une construction spéciale. Les deux enroulements primaires sont réunis respectivement à chacune des machines; le bobinage est établi de telle façon que le courant secondaire créé soit la résultante des deux courants primaires multipliée par le rapport de transformation du transformateur.

Ce synchronoscope est normalement construit pour 110 volts; il donne toutefois des indications suffisamment précises entre 95 et 130 volts. Pour des tensions plus élevées, il est nécessaire d'employer des transformateurs de potentiel.

Il est naturellement préférable de n'employer ce synchronoscope que pour la fréquence et la tension pour lesquelles il a été construit; toutefois des essais effectués sur un appareil de ce genre ont nettement montré qu'il donne encore des indications suffisantes pour des fréquences comprises entre 40 et 80 périodes, la tension restant entre 100 et 130 volts.

Il est toutefois préférable d'employer le synchronoscope pour ses données de construction et il faudrait tout à fait éviter de faire fonctionner un tel appareil construit pour 50 périodes, par exemple sous des fréquences inférieures à 40 ou supérieures à 60. La consommation de cet appareil est faible. L'ensemble, y compris la lampe de phase, ne consomme sur chaque machine que 0,15 ampère.

Phasemètre système Weston. — Cet appareil est d'un type dynamométrique spécial.

L'équipage mobile se compose de deux bobines annulaires fixées perpendiculairement l'une à l'autre sur le même axe. Ces deux bobines doivent être absolument identiques et leur position respective doit toujours rester rigoureusement la même. Une construction spéciale assure ces qualités à l'équipage mobile.

La construction de cet appareil pour les autres conditions est identique à celle du wattmètre monophasé Weston.

Dans les installations polyphasées, les bobines mobiles sont reliées à des tensions qui sont décalées l'une par rapport à l'autre; dans les systèmes monophasés, il faut produire artificiellement ce décalage. La bobine fixe est dans chaque cas parcourue par le courant total d'utilisation.

Si le courant d'une des bobines mobiles se trouve en phase avec celui qui parcourt la bobine fixe, la bobine mobile tendra à se placer parallèlement à la bobine fixe.

Si, par contre, le courant dans cette dernière atteint son maximum à un moment intermédiaire entre ceux des maxima des courants dans les bobines mobiles, ces dernières prendront une position telle que le champ résultant produit par elles concorde en direction avec celui de la bobine fixe.

Or ce dernier est en phase avec le courant qui le produit, et comme le champ d'une des bobines mobiles est en phase avec la tension correspondante, il s'ensuit que la position dans l'espace du champ résultant des bobines mobiles (qui est à chaque instant en phase avec le champ de la bobine fixe) variera en même temps que le décalage entre la tension et le courant. Le déplacement de l'équipage mobile donne donc un moyen d'évaluer le décalage ou le facteur de puissance. Les données de cet appareil sont pratiquement indépendantes des variations de fréquence et des déformations des courbes qui peuvent se produire dans les installations en service normal. Elles ne sont pas faussées par les variations de charge et de température.

La consommation de cet appareil est faible : l'intensité dans les bobines de tension comporte à pleine charge 0,5 ampère environ. La consommation dans la bobine fixe est négligeable.

La graduation normale des phasemètres Weston s'étend depuis l'unité jusqu'à $\cos \varphi = 0{,}5$ pour des courants en retard ou en avance. La division est faite en parties égales jusqu'aux valeurs voisines de l'unité. Pour ces dernières, une variation de 5° de l'angle de décalage, en partant de zéro, c'est-à-dire de $\cos \varphi = 1$, correspond à un déplacement de l'aiguille de 9 mm.

Il est possible du reste de graduer les échelles entre l'unité et $\cos \varphi = 0{,}3$; les phasemètres peuvent être également construits pour donner directement le sinus de l'angle de décalage.

Avec les appareils monophasés, on utilise des bobines de self et des résistances pour produire le décalage nécessaire entre les courants des bobines mobiles, aussi ces appareils doivent-ils être employés exactement pour la fréquence de construction. On peut, du reste, les établir pour toute fréquence comprise entre 15, 25, 40, 50, 60, 125 et 135 périodes par seconde.

Les indications de cet appareil sont très précises; on garantit que le facteur de puissance donné est exact à 1 pour 100 près pour toutes valeurs comprises entre 20 et 100 pour 100 de la pleine charge.

Les appareils monophasés doivent être soustraits aux déformations des courbes plus soigneusement que les appareils polyphasés. Les indications de ces derniers sont pratiquement indépendantes de la fréquence.

Il est à remarquer qu'il n'est pas possible d'employer un phasemètre Weston triphasé dans un système monophasé, même avec un décaleur de tension approprié. La construction de ces deux sortes d'appareils est en effet différente, comme nous l'avons indiqué.

La variation de fréquence admissible avec les appareils monophasés ne doit pas dépasser de 10 pour 100 de la fréquence totale.

Fréquencemètre Weston (appareil électromagnétique). — Ce fréquencemètre est un appareil à fer doux. Il comprend deux enroulements fixes chacun en deux parties, bobinés à plat et disposés à l'intérieur l'un de l'autre de telle façon que leurs champs aient des directions perpendiculaires.

L'équipage mobile est constitué par un axe qui porte la barrette de fer doux, l'amortisseur et l'aiguille. Cet équipage mobile repose sur deux saphirs; il ne comprend ni ressorts, ni connexions et peut se mouvoir librement; l'amortisseur se compose simplement d'une petite ailette qui sert en même temps à équilibrer l'aiguille.

Les bobines fixes ont une forme spéciale, qui permet d'obtenir un champ puissant et de densité uniforme, ainsi

qu'il convient lorsqu'on veut utiliser une graduation en parties égales; la barrette mobile est très légère; elle est faite d'un alliage d'acier spécial, qui n'a qu'un très faible coefficient d'hystérésis.

Les deux bobines fixes sont montées en série; l'ensemble est placé en dérivation sur le réseau par l'intermédiaire d'une bobine de self pour l'une, d'une résistance non inductive pour l'autre.

En parallèle avec la première bobine est connectée une résistance non inductive; en parallèle avec la seconde, une bobine de self. En avant de cet ensemble se trouve une bobine de self placée sur le circuit principal de dérivation (*fig.* 8).

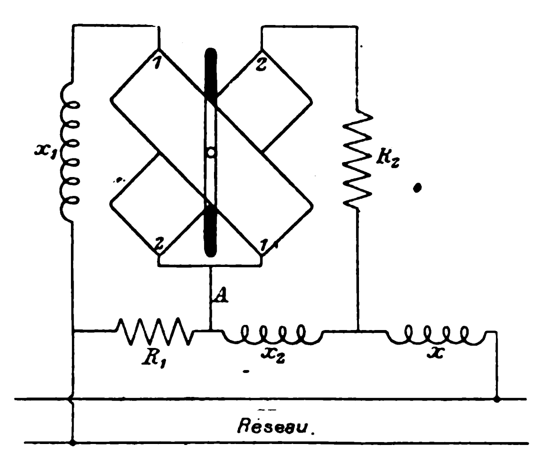


Fig. 8. — Schéma du fréquencemètre électromagnétique de Weston.

Ces différents circuits sont montés d'une façon analogue à celle d'un pont de Wheatstone, qui est équilibré pour la fréquence normale.

Si cette dernière augmente, la résistance inductive des bobines de self augmente, l'équilibre est rompu; un courant plus important parcourt l'une des bobines par rapport à l'autre. Chaque variation de fréquence correspond à un changement de direction dans l'espace du champ résultant des bobines fixes, ce qui se traduit par un déplacement de l'aiguille. Ce dispositif permet l'emploi d'une échelle très étendue.

Les indications de cet appareil sont pratiquement indépendantes des variations de tension. Des essais ont montré que, la tension variant entre 75 et 150 volts, l'erreur sur les indications est inférieure à 1,5 pour 100. Les déformations des courbes, comme il peut s'en produire dans une installation normale, sont sans influence. Les fréquencemètres sont normalement construits pour utilisation directe jusqu'à 150 volts. Au-dessus, il faut employer des transformateurs de tension, dont le secondaire est bobiné pour 110 volts; ils peuvent être établis pour toutes les fréquences normales 20, 25, 40, 50, 60, 125 périodes par seconde.

Une construction spécialement soignée a permis de réduire dans ces appareils les pertes dans le fer, et celles dues à la dispersion au point que, pratiquement, ces pertes sont négligeables. Ce fréquencemètre n'est pas sensible aux variations de température. Il offre de gros avantages sur les appareils à vibrations; ses indications sont plus exactes, sa construction est plus robuste et les harmoniques n'ont aucune influence sur lui.

E. P.

Appareils de mesure du type d'induction (1).

L'importance relative des diverses sortes d'erreurs auxquelles sont sujets les appareils de mesure a changé dans ces dernières années. Ainsi, avec les groupes électrogènes modernes, surtout avec les turbo-alternateurs, la fréquence est très régulière, de sorte que la sensibilité des appareils aux variations de fréquence, qui était autrefois une grande source d'erreurs, a beaucoup moins d'importance aujourd'hui. Mais, d'autre part, avec les courants intenses et les tensions élevées en usage aujourd'hui, les effets dus aux champs extérieurs, magnétiques ou électrostatiques, sont très amplifiés.

Dans la construction des appareils de mesure, il faut donc aujourd'hui chercher plutôt à éviter l'influence des champs extérieurs que celle des variations de fréquence. Il y a aussi d'autres caractères aussi importants que l'exactitude : encombrement réduit, lisibilité, apériodicité, robustesse et simplicité.

On peut énumérer comme il suit les caractères des trois meilleures sortes d'instruments pour courants alternatifs :

Type électromagnétique. — Bonne exactitude initiale. A peu près à l'abri des erreurs dues aux changements de fréquence et de température. Rapport du couple au poids de l'équipage : faible. Certains modèles sont de construction trop délicate. Facile à réparer. Sensible aux champs extérieurs alternatifs ou continus, à moins d'être protégé par d'épais écrans. Faible longueur de l'échelle.

Type électrodynamique à cadre mobile. — Le meilleur pour l'exactitude initiale et pour l'indépendance des variations de fréquence et de température. Rapport du couple au poids de l'équipage : faible. Délicat. Difficile à réparer. Sensible aux champs extérieurs de fréquence égale à moins d'être protégé par d'épais écrans intérieurs en fer feuilleté. Faible longueur de l'échelle.

Type d'induction. — Bonne exactitude initiale et bonne conservation de cette exactitude. Rapport du couple au poids de l'équipage : très élevé. Mécanisme robuste et simple. Facile à réparer. Échelle extrêmement longue et lisibilité excellente. Plus sensible aux variations de fréquence que les deux types précédents. L'influence des champs extérieurs est toujours faible et ne peut être due qu'à des champs de même fréquence et ayant certaines directions.

L'avantage principal des appareils d'induction pour les tableaux de distribution est leur longueur d'échelle très supérieure à celle des autres types.

Au point de vue de l'exactitude, la sensibilité des appareils d'induction aux variations de fréquence n'est pas

(1) Paul MACGAHAN. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 28 juin 1912 (*Proceedings of the A. I. E. E.*, t. XXXI, juin 1912, p. 1203-1215).



aussi grande qu'on l'a dit parfois. On construit maintenant des ampèremètres et des voltmètres dont la variation sous ce rapport est de moins de 0,05 pour 100 par période. Ces variations ne seraient donc pas perceptibles dans une usine moderne.

Les appareils électromagnétiques et électrodynamiques sont extrêmement sensibles à l'influence des champs extérieurs; la meilleure pratique pour les en affranchir est d'introduire, à l'intérieur de leur boîtier en tôle mince, d'épais écrans de fer. Faute de cette précaution, la mince tôle de fer formant le boîtier est bientôt saturée par un champ extérieur et son effet protecteur cesse à partir de ce moment. Le faible couple moteur de ces appareils les rend aussi très sensibles aux influences électrostatiques: leur aiguille peut ainsi être attirée par la vitre ou par le boîtier. Il faut noter que les appareils électrodynamiques ont sur les appareils électromagnétiques l'avantage de n'être influencés que par des champs magnétiques extérieurs de même fréquence.

Dans les trois catégories d'instruments, on peut réduire à des valeurs très acceptables les erreurs dues aux variations de température. On doit éviter avec soin que la chaleur dégagée dans les appareils eux-mêmes par le passage du courant ne puisse les influencer.

Les erreurs dues à des causes mécaniques ont probablement plus d'importance pour les appareils de tableaux que les erreurs d'origine électrique. Les instruments dans lesquels le rapport du couple au poids du mobile est le plus élevé auront, toutes choses égales d'ailleurs, la plus grande exactitude et la plus grande durée, pourvu que le mobile ne soit pas assez lourd pour endommager les pivots. On a reconnu qu'il ne faut pas dépasser un poids de 15 g pour les mobiles reposant sur des axes horizontaux à pivots de saphir et que, pour le rapport du couple au poids la valeur 0,015 est un minimum satisfaisant, le couple étant exprimé en centimètres-grammes et le poids en grammes.

La forme ronde est la meilleure à adopter pour ces appareils d'induction. Le diamètre du boîtier sera de 18 cm environ. La graduation sera établie sur un arc de 300°, son développement sera de 37 cm. On a ainsi l'encombrement le plus réduit et la meilleure lisibilité.

En disposant convenablement l'éclairage, on peut éviter complètement les réflexions gênantes produites par les vitres des appareils et prendre ainsi les lectures d'un angle quelconque. On trouve souvent avantageux les cadrans noirs avec graduation et aiguille blanches.

Théorie et fonctionnement des appareils d'induction. — Les ampèremètres, voltmètres et wattmètres que connaît le mieux l'auteur ont un mobile formé d'un cylindre d'aluminium tournant dans l'entrefer d'un électro-aimant. On fait passer dans les enroulements de cet électro les courants à mesurer. Ainsi la figure 1 représente le circuit magnétique en fer feuilleté d'un ampèremètre, avec son entrefer annulaire où tourne le cylindre d'aluminium. P est un enroulement primaire où passe le courant à mesurer. S-S est un enroulement secondaire fermé sur lui-même. Les lignes pointillées marquées Φ représentent les divers flux magnétiques engendrés par les courants. Les figures 2 et 3 montrent l'équipage mobile et l'électro-aimant inducteur.

Si l'on assimile cet ampèremètre à un appareil à bobine mobile, on a

$$\text{(1)} \qquad \text{couple} = k\Phi I \cos\gamma$$

avec :

Φ, flux produit par la bobine fixe et passant dans la bobine mobile;

I, courant dans la bobine mobile;

γ, angle de décalage;

k, constante.

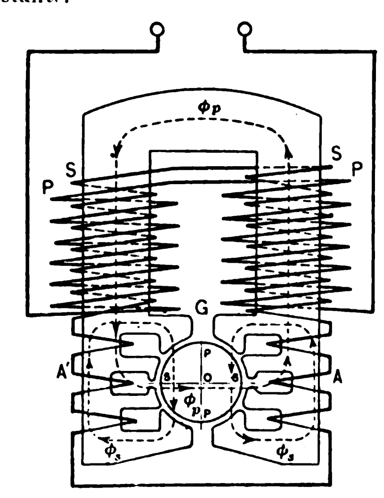


Fig. 1. — Schéma de l'électro-aimant de l'ampèremètre.

Dans l'appareil d'induction, le courant I dans le cylindre mobile est

$$I_c = \frac{\text{tension dans le cylindre}}{\text{impédance du cylindre}},$$

il est donc proportionnel à $\frac{\Phi N}{Z_c}$ (N, fréquence; Z_c, impédance du cylindre). Si Φ était un champ alternatif, comme celui qui serait produit par un courant monophasé dans la bobine primaire P seule, les courants secondaires induits dans le cylindre seraient dans le plan OP et, par suite, ne produiraient pas de couple moteur par réaction sur le flux primaire Φ_p. Mais si l'on introduit un flux supplémentaire Φ_s de phase différente, au moyen de l'enroulement S, ce flux Φ_s sera, en raison de la construction de l'appareil, dirigé à angle droit de Φ_p, et donnera lieu à un couple en agissant sur les courants secondaires dans le cylindre, qui circulent dans la direction OP. En même temps, le flux Φ_s induira dans le cylindre des courants secondaires dans la direction OS, qui réagiront sur Φ_p pour produire un couple. Dans un tel appareil, on a donc

$$\text{(2)} \qquad \text{couple} = \Phi_p I_s \cos\alpha + \Phi_s I_p \cos\beta.$$

α, angle entre Φ_p et I_s;

β, angle entre Φ_s et I_p.

Les désignations I_p, I_s, I', I'', etc., employées ici, doivent s'entendre comme ampères-tours.

Pour faire naître dans l'enroulement S un courant déphasé sur celui de l'enroulement P, on a bobiné sous

ce dernier des spires secondaires, qui sont elles-mêmes fermées en court circuit sur les spires réparties sur les pièces polaires. Les relations entre courants et flux sont les mêmes que dans les transformateurs d'intensité.

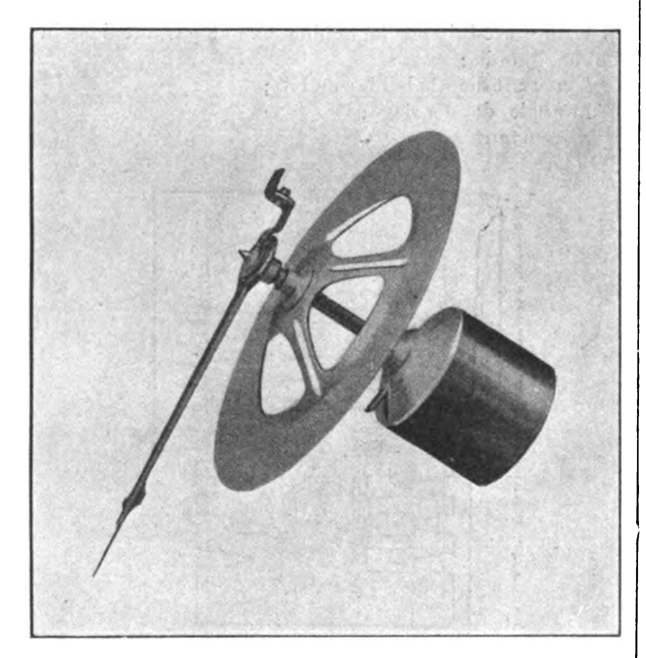


Fig. 2. — Équipage mobile de l'ampèremètre d'induction.

La figure 4 les représente graphiquement : I' est le courant primaire, I'' le courant secondaire, I_m le courant

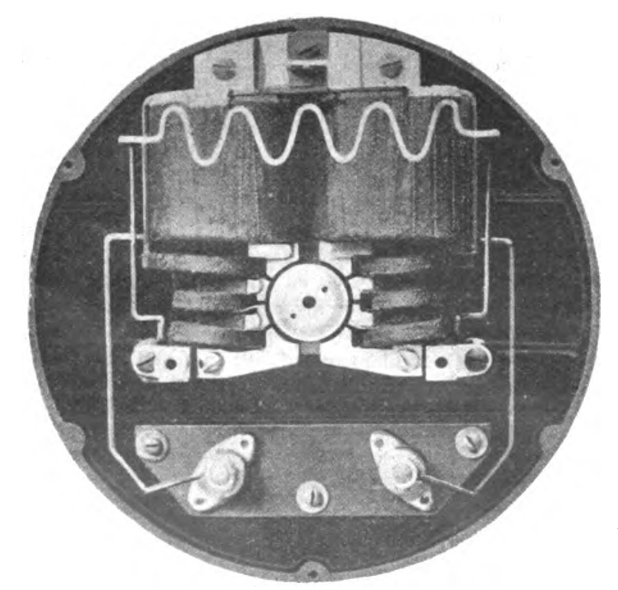


Fig. 3. — Électro-aimant fixé sur le socle.

magnétisant. Le flux produit par la composante magnétisante du courant primaire est dans la direction $O\Phi_p$. Le flux produit par le courant secondaire est dans la direction $O\Phi_s$, en phase avec le courant qui circule dans l'enroulement secondaire et dans celui des pièces polaires. On voit que l'angle de déphasage entre les flux $O\Phi_s$ et $O\Phi_p$ est à peu près de 90°. Le flux $O\Phi_p$ est inversement proportionnel à la fréquence, comme dans un transfor-

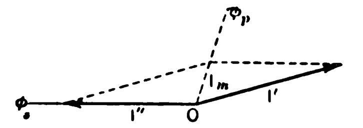


Fig. 4. — Diagramme des vecteurs dans un transformateur.

mateur d'intensité, mais Φ_s en est indépendant; il n'est que proportionnel à I''.

Dans le diagramme de la figure 5, $O\Phi_p$ est le flux

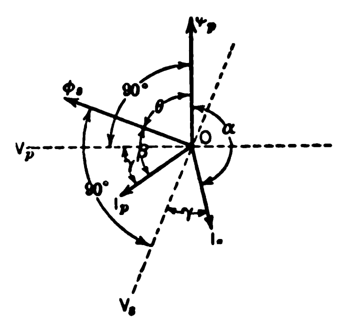


Fig. 5. — Diagramme des vecteurs dans un appareil de mesure.

primaire et $O\Phi_s$ le flux secondaire. Les vecteurs OV_p et OV_s, normaux aux deux précédents, représentent les tensions induites par ces flux dans le cylindre mobile. Décalées d'un certain angle de retard sur chacune de ces tensions sont les composantes du courant dans le cylindre, OI_p due à Φ_p et OI_s due à Φ_s.

Soit θ l'angle de déphasage entre Φ_p et Φ_s, γ l'angle de retard des courants dans le cylindre sur V_p et V_s. On a

$$\alpha = \gamma + \theta + 90°,$$
$$\beta = \gamma - \theta + 90°,$$

d'où

$$\cos\alpha = \sin(\gamma + \theta) \quad \text{et} \quad \cos\beta = \sin(\gamma - \theta).$$

Remplaçant dans la formule (2)

$$(3) \quad \text{couple} = \Phi_p I_s \sin(\gamma + \theta) + \Phi_s I_p \sin(\gamma - \theta).$$

D'autre part, on a pour les courants induits dans le cylindre

$$(4) \qquad I_s = \frac{V\Phi_s K'}{Z_c K''},$$

$$(5) \qquad I_p = \frac{V\Phi_p K''}{Z_c K''},$$

K, K' et K'' étant des constantes qu'on peut désormais omettre pour plus de clarté.

Comme on a

$$\Phi_p = \frac{I'}{N} \quad \text{et} \quad \Phi_s = I',$$

I' étant le courant dans l'enroulement primaire, il vient par substitution

$$I_s = \frac{NI'}{Z_c}, \qquad I_p = \frac{I'}{Z_c}.$$

Remplaçant dans (3)

$$\text{couple} = \frac{I'^2}{Z_c}[\sin(\gamma + \theta) + \sin(\gamma - \theta)]$$

ou

$$\text{couple} = \frac{I'^2}{Z_c}\cos\gamma \sin\theta.$$

Comme Z_c, γ et θ varient avec la fréquence, il faut, pour rendre l'appareil indépendant de cette quantité, faire $\cos\gamma \sin\theta = Z_c$.

Cette condition ne peut être réalisée que d'une manière approchée. Le mode de construction actuel, qui est le résultat d'un long travail d'expérimentation et de calcul, rend l'appareil indépendant de la fréquence dans les plus larges limites possibles. Pour les ampèremètres en question, la différence maximum des indications, pour deux fréquences quelconques entre 25 et 60 p : s, est de 0,5 pour 100.

Dans le cas du voltmètre, la bobine primaire est formée de fil fin, et une résistance extérieure non inductive, mise en série avec elle, est formée d'un fil dont le coefficient de température est zéro. Le rapport de la résistance ohmique en série à l'impédance totale est très élevé et le courant dans la bobine primaire du voltmètre est presque indépendant de la fréquence.

La variation de fréquence n'est pas la seule cause d'erreur; la variation de température peut aussi en introduire une, car elle change la résistance du cylindre et, par là même, la valeur des courants I_p et I_s, qui y sont induits [*voir* équation (3)]. Pour corriger cette erreur, on donne au circuit secondaire un coefficient de température tel qu'il compense exactement l'effet de l'accroissement de résistance du cylindre. Pour cela, on tire encore parti des phénomènes qui se présentent dans les transformateurs d'intensité. Si, dans un de ces transformateurs, on maintient constant le courant primaire, le courant secondaire restera à peu près constant pour une variation considérable de la résistance secondaire. Ainsi, tout accroissement de la résistance secondaire donne lieu à un accroissement proportionnel du flux dans le noyau. Dans l'ampèremètre ici décrit, le circuit secondaire est bobiné partie avec du cuivre, partie avec un fil à faible coefficient de température. Quand la température monte, faisant croître la résistance du cylindre d'aluminium, elle fait croître aussi celle du circuit secondaire et, par suite, le flux magnétique. En réglant à une valeur convenable, le coefficient de variation de résistance du circuit secondaire, on compense très exactement l'effet de la température.

Les équations (4) et (5) montrent l'effet d'une variation de température et, par suite, de Z_c sur les courants induits dans le cylindre. En substituant les expressions (4) et (5) dans (3) et en supprimant les constantes, on a

$$\text{couple} = \frac{\Phi_p N \Phi_s}{Z_c}\sin(\gamma + \theta) + \frac{\Phi_s N \Phi_p}{Z_c}\sin(\gamma - \theta)$$
$$= \frac{NP_p\Phi_s}{Z_c}\cos\gamma \sin\theta.$$

On voit par là que, pour annuler l'erreur due à la température, il faut

$$\Phi_p \Phi_s = Z_c$$

(la fréquence étant considérée comme constante).

Φ_s étant pratiquement indépendant de la résistance et, par suite, de la température, on peut écrire cette condition

$$\Phi_p = Z_c.$$

Pour une intensité donnée, Φ_p n'est fonction que de l'impédance du circuit secondaire. Il s'ensuit que le coefficient de température du circuit secondaire doit être le même que celui du cylindre, afin de réduire à zéro l'erreur de température.

En pratique, d'autres facteurs tendent à compliquer ces relations : par exemple, les variations de température du fer et du ressort directeur, etc.; aussi la proportion convenable du fil de cuivre au fil résistant dans l'enroulement secondaire se détermine-t-elle mieux par l'expérience. P. L.

Étalon lumineux portatif, constitué par une lampe à incandescence. — Dans un mémoire lu à l'Optical Convention et que reproduit l'*Electrician*, MM. Dow et Mackinney décrivent un étalon de lumière portatif qu'ils ont employé et qui est formé d'une lampe à basse tension, alimentée par un petit accumulateur, le tout enfermé dans une boîte.

Cette lampe forme un étalon secondaire, et l'originalité de l'appareil consiste dans la méthode employée pour maintenir la tension constante à ses bornes. Une petite lampe à filament de carbone est montée en parallèle avec cette lampe, l'ensemble étant alimenté par l'accumulateur, avec interposition d'un rhéostat unique. Les intensités lumineuses des deux lampes peuvent être comparées par un dispositif photométrique simple contenu dans la boîte. La variation de tension (obtenue par le rhéostat) affecte inégalement les deux lampes, et l'on trouve une seule différence de potentiel à leurs bornes, pour laquelle les intensités lumineuses sont les mêmes. Ainsi, lorsque la tension tombe de 1 pour 100, l'intensité lumineuse de la lampe au carbone se réduit de 6 à 7 pour 100, alors que celle de la lampe au tungstène ne baisse que de 3 à 4 pour 100.

Pour régler l'appareil au laboratoire, on ajuste la résistance de façon que la lampe à filament métallique donne, par exemple, 1 bougie ; puis on modifie la position de la lampe au carbone jusqu'à obtenir l'équilibre lumineux.

VARIÉTÉS.

MATÉRIAUX ÉLECTROTECHNIQUES.

Sur quelques propriétés physiques du tungstène.

Le tungstène entre de plus en plus dans la voie des applications industrielles directes après avoir joué tout d'abord un rôle important dans les alliages et, à mesure que les procédés de fabrication se rapprochent des procédés métallurgiques, nous arrivons à mieux connaître les propriétés fort intéressantes de ce métal.

Sans pouvoir dire encore que nous en sommes arrivés au point où le tungstène a atteint son état définitif, et où il est possible de fixer ses constantes physiques moyennes, on peut cependant déjà jeter quelques jalons et augmenter l'approximation de certaines de ces constantes.

Dans l'état actuel le tungstène métallique dont nous disposons est principalement préparé pour les lampes à incandescence et est obtenu de deux manières différentes, mais ayant un point de départ commun : un sel ou un oxyde de tungstène est réduit à très haute température dans un courant gazeux et le produit pulvérulent obtenu est aggloméré et soumis à des cuissons à températures élevées destinées à agglutiner les molécules.

Dans le procédé le plus ancien (filament pressé), la pâte formée par la poudre et un agglomérant convenable est filée dans des filières en diamant, et le filament est, après une première cuisson, soumis à l'action de la haute température développée par le passage d'un courant; le filament réduit prend alors l'aspect métallique et possède quelques-unes des propriétés des métaux, mais il est brisant et ne peut recevoir d'autre application que la fabrication des lampes électriques.

Dans le procédé plus récent, la pâte précédente est mise sous forme de bâtonnets qui sont traités à haute température pour leur donner la texture métallique, puis ensuite forgés et tréfilés comme les métaux courants. Les opérations mécaniques modifient du tout au tout les propriétés élastiques du produit, et à la place d'un filament fragile on obtient un fil métallique très dur, mais élastique et assez ductile pour être roulé ou plié. Sous cette forme le fil de tungstène se prête plus aisément à la fabrication des lampes et il pourra recevoir d'autres applications que ses propriétés intéressantes ne manqueront pas de lui attirer dès que sa production se fera industriellement.

Densité. — Il est facile de concevoir que la densité doit varier avec le mode de préparation et, en effet, tandis qu'on trouve des bâtonnets parfaitement réduits et tout à fait métalliques dont la densité apparente atteint à peine 16 ou 17, les fils étirés qu'on fait actuellement donnent plus de 19. Nous avons trouvé 19,7 sur un fil étiré de 0,6 mm et Fink, en Amérique, a mesuré, pour un fil de 0,038 mm, entre 19,86 et 20,19 (¹).

Il y a donc bien des chances pour que la densité vraie du tungstène homogène se rapproche de 20, et c'est cette valeur que nous adopterons plus bas.

Résistivité. — Il semble que la résistivité doit être, plus encore que la densité, affectée par le mode de préparation, pour le métal pur bien entendu.

En réalité si, négligeant la section apparente du barreau ou du fil mesuré, on détermine cette section en partant de la masse et de la densité probable, on arrive à des résultats assez concordants qui ne sont guère affectés que par l'état physique des échantillons. Les quelques nombres suivants sont intéressants à ce point de vue :

	Densité apparente.	Résistivité.
Bâtonnet en métal pressé.......	16	4,86
Fil étiré 0,6 mm...............	19,7	5,54
Fil étiré 0,28 mm..............	19,4	5,22

Les résistivités sont rapportées à la densité 20 et prises entre 15° et 20°.

Les deux dernières valeurs s'appliquant à du fil étiré, il est possible que la résistivité plus élevée soit due, comme l'a signalé Fink, à une trempe, ou plutôt à l'écrouissage du métal.

La limite vers laquelle tendrait la résistivité du tungstène homogène et pur serait donc voisine de 5 microhms-cm.

Coefficient de variation. — La pureté du métal a une grande influence sur ses propriétés physiques et, en particulier, la résistivité est rapidement affectée par des traces d'impuretés qui sont difficilement mises en évidence par l'analyse chimique. Malheureusement, dans le cas des métaux tels que le tungstène, il est assez difficile de juger si l'échantillon essayé est d'une structure suffisamment homogène et si son état physique n'a pas une action plus importante encore que les impuretés.

Un autre critérium peut être employé, et qui est beaucoup moins affecté par la structure et l'état physique, c'est la variation de résistance avec la température.

On sait que le coefficient de variation de la résistance est d'autant plus élevé que la pureté est plus grande; donc, dès qu'on sera fixé sur la valeur du coefficient pour le tungstène on disposera d'un moyen de vérification très facile et très sûr.

Jusqu'à présent la seule valeur admise est celle donnée par Burgess qui indique

$$R_t = R_0(1 + 0,0039t + 1,1 \times 10^{-6} t^2).$$

En réalité le coefficient 0,0039 est trop faible et de nombreuses mesures nous ont donné des valeurs fort variables, mais s'élevant souvent bien au-dessus. Nos mesures ayant toujours été faites entre 15° et 70°, limites

(¹) Les mesures dont les résultats sont donnés ici ont été faites au Laboratoire de la Compagnie française pour la fabrication des lampes électriques à incandescence au cours de recherches entreprises sur la lampe « Iris ».

entre lesquelles l'expérience montre que la variation est rigoureusement linéaire, nous pouvons négliger le terme en t^2 et écrire

$$R_t = R_0(1 + \alpha t).$$

Dans ces conditions nous avons trouvé, pour des filaments pressés, comme limites extrêmes de nombreuses mesures.

$$\alpha = 0{,}00350 \quad \text{à} \quad 0{,}00450$$

et pour des filaments étirés

$$\alpha = 0{,}00296 \quad \text{à} \quad 0{,}00460.$$

Le coefficient vrai du tungstène est donc au moins égal à

$$0{,}0046$$

et cette valeur peut déjà servir de point de comparaison pour définir la pureté du métal.

Ajoutons incidemment qu'il en est de même pour le tantale et que le coefficient de variation de ce métal est aussi supérieur à 0,0040; nous avons mesuré

$$\alpha = 0{,}00261 \quad \text{à} \quad 0{,}00402,$$

alors que Burgess indiquait autrefois 0,0027.

Propriétés mécaniques. — C'est certainement de ce côté que les surprises seront les plus grandes, car ces propriétés sont, il semble, loin d'être encore bien connues.

Un fil de tungstène étiré de 0,285 mm de diamètre, mesuré par la méthode des oscillations, nous a donné les constantes suivantes :

Module d'allongement	$E = 36300 \times 10^8$
Module de rigidité (Coulomb) .	$\mu = 10500 \times 10^6$
Charge de rupture	$T_1 = 189 \times 10^8$

La valeur de E est particulièrement élevée puisque les meilleurs aciers dépassent rarement $20\,000 \times 10^8$, mais la charge de rupture trouvée dans ce cas ne donne encore qu'une idée inexacte de ce qu'on pourra atteindre plus tard.

L'échantillon ci-dessus rompait sous une traction de 12 kg, soit environ 189 kg par millimètre carré; or, on sait que certains aciers trempés obtenus aujourd'hui ont des charges de rupture supérieures à 200 kg : mm², mais d'autres de nos essais ont donné des valeurs beaucoup plus élevées et méritent d'être cités :

Diamètre.	Charge de rupture.		
mm	g	T_1.	
0,022	300	790×10^8	environ
0,025	310	630×10^8	—
0,030	360	510×10^8	—
0,055	1070	450×10^8	—
0,055 chauffé........	580	245×10^8	—

Ainsi le premier échantillon s'est rompu sous une traction de l'ordre de 800 kg : mm², *soit quatre fois supérieure à celle des aciers trempés !*

La limite est-elle atteinte ? nous ne le croyons pas, car l'examen microscopique des points de rupture montre que la *striction* est à peine apparente, donc il est probable que les ruptures obtenues sont uniquement le fait de causes accidentelles, de défauts d'homogénéité, et l'on peut espérer atteindre des valeurs encore beaucoup plus élevées.

Des cassures du même genre, avec striction très faible, s'observent seulement sur les aciers trempés très durs, mais peut-on comparer le tungstène à un métal trempé ? Les expériences de Fink sur la résistivité sembleraient le dire et cependant il y a une différence essentielle : les fils d'acier trempé à cassure sans striction ne se plient pas, tandis que les fils de tungstène peuvent être coudés presque à angle aigu sans casser; il est vrai qu'ils se brisent généralement quand on veut ensuite les redresser.

Cette impression est renforcée lorsqu'on répète les essais sur plusieurs brins du même échantillon; on voit alors des inégalités très grandes et certains points se briser sans effort, tandis que quelques centimètres plus loin la résistance maximum est atteinte; par conséquent ce que nous considérons actuellement comme la résistance à la rupture du tungstène n'est en réalité que la *résistance des points faibles*.

Le fil de tungstène étiré présente une texture fibreuse qu'il est facile de mettre en évidence par quelques pliages, mais il semble que les fibres sont courtes et il ne peut d'ailleurs guère en être autrement, la poudre agglomérée ne donnant à la réduction que de très petits cristaux : ceux-ci, en s'allongeant, donnent naissance à des fibres courtes.

Obtiendra-t-on mieux avec du métal fondu, si l'on parvient à le réaliser industriellement ? Il y a un point critique à passer vers 2800°, car il semble bien qu'à cette température il se produit une cristallisation à gros éléments qui rend difficile tout essai de travail mécanique.

Il ne faut pas oublier que toutes les données ci-dessus ont été obtenues sur des fils venant de la filière et n'ayant subi à la suite aucun traitement thermique; on connaît trop la tendance à cristalliser du tungstène et l'exemple du fil de 0,055 mm montre bien cette action : sa résistance à la rupture tombe à moitié environ pour un chauffage très court au rouge; ceci fait voir la rapidité avec laquelle la chaleur modifie les propriétés du tungstène, et ce n'est pas là le moindre défaut qu'on puisse reprocher aux nouvelles lampes en fil étiré.

Dans l'état actuel les applications mécaniques du tungstène sont fortement limitées, la question de prix mise à part, par l'extrême *fragilité* du métal. Nous n'avons aucune donnée numérique sur ce point, les mesures étant assez difficiles et les irrégularités que nous avons signalées plus haut n'étant pas faites pour faciliter cette détermination. Le fait en lui-même n'a rien de surprenant, puisque nous avons vu que la rupture se fait presque sans striction et que ce sont en général les corps à grande striction qui donnent la *résilience* la plus élevée, c'est-à-dire la *fragilité* la plus faible; mais, encore une fois, les ruptures sans striction qui ont été obtenues jusqu'ici ne sont peut-être que des accidents et rien ne prouve que si l'on pouvait atteindre la résistance vraie du métal, on n'aurait pas alors une striction marquée et, par suite, une *fragilité* beaucoup moindre.

Applications. — Avant de terminer citons une petite application qui pourra devenir pratique le jour où le fil de tungstène étiré sera plus répandu.

Dans tous les appareils comportant un système mobile

suspendu par un fil de torsion, on a besoin d'obtenir, la plus grande résistance à la rupture par traction pour un couple de torsion déterminé.

Le couple de torsion W_1 d'un fil de diamètre d et de longueur l, pour un angle de un radian est

$$W_1 = \frac{\pi}{32}\mu\frac{d^4}{l},$$

la résistance à la rupture T du même fil est

$$T = T_1\frac{\pi d^2}{4}$$

ou, en fonction de W_1

$$T = \frac{T_1}{\sqrt{\mu}}\sqrt{2\pi l W_1};$$

donc, pour un couple et une longueur donnés, la résistance à la rupture est proportionnelle à

$$\frac{T_1}{\sqrt{\mu}};$$

plus ce rapport sera élevé, plus avantageux sera le fil pour cette application. Si la résistance à la rupture du tungstène atteignait normalement le nombre indiqué plus haut, on obtiendrait à peu près le Tableau de classement ci-après pour quelques-uns des corps employés dans les suspensions.

Dans cette application il faut reconnaître que la *fragilité* du tungstène peut être un obstacle grave, mais néanmoins la chose est intéressante à essayer.

	μ.	T_1.	$\frac{T_1}{\sqrt{\mu}}$.
Platine....	6800×10^8	$34,3 \times 10^8$	$0,41 \times 10^4$
Argent....	3500	29	0,49
Laiton.....	3440	33,6	0,58
Fer.......	7580	62,7	0,72
Quartz....	3000	115	2,1
Soie.......	130	27,5	2,4
Tungstène.	10500	790	7,7

On a proposé déjà l'emploi du tungstène à la place du platine pour les contacts d'appareils électriques. L'inoxydabilité du tungstène à la température ambiante rend ce métal intéressant pour tous les contacts ne chauffant pas et entre lesquels il n'éclate pas d'étincelles, mais il ne faut pas oublier que le tungstène est très oxydable dès le rouge sombre et son oxyde paraît peu conducteur; par suite, il est à craindre que les contacts soient rapidement détériorés par les étincelles; c'est un point qui ne pourra être tranché que par des expériences nombreuses.

Si, comme tout permet de l'espérer, la métallurgie du tungstène s'établit industriellement et fournit un métal moins fragile et plus régulier, les applications ne tarderont pas à surgir et à se développer à mesure que le prix du métal s'abaissera [1]. H. ARMAGNAT.

[1] *Voir* dans *La Littérature des périodiques* du 17 janvier, p. 20, et dans le présent numéro, p. 51, des indications sur les propriétés du tungstène provenant d'autres sources.

L'éducation de l'élève-ingénieur. — Dans une communication faite le 22 octobre dernier, à la réunion annuelle de l'Associazione elettrotecnica italiana, M. F. Lori, qui est à la fois professeur d'électrotechnique et directeur de l'École d'application des ingénieurs de Padoue, a discuté longuement l'importante question de l'éducation et de l'instruction qu'on doit donner aux ingénieurs.

M. Lori a examiné successivement les points suivants :

1° L'instruction secondaire d'un ingénieur;

2° L'importance et la méthode de l'enseignement des matières scientifiques (Mathématiques, Physique, Chimie);

3° La limite des spécialisations;

4° L'importance et la méthode de l'enseignement technique en relation avec la pratique professionnelle.

Voici, brièvement résumées, les réponses que fait M. Lori à ces diverses questions :

1° Suivant M. Lori, l'instruction secondaire préparatoire aux écoles d'ingénieurs doit être « classique ». Mais, par ce qualificatif, l'auteur entend désigner la méthode plus que le choix des matières enseignées. On peut faire un enseignement classique aussi bien avec les langues vivantes qu'avec les langues mortes. La méthode classique est celle qui ne limite pas l'extension et le choix des arguments au résultat positif immédiat auquel on doit arriver (savoir écrire ou parler une langue, savoir exécuter des manipulations mathématiques, physiques, etc.), mais celle qui prépare l'élève à la culture supérieure, qui s'appuie sur des bases philosophiques et générales. L'auteur est d'avis que l'ingénieur qui a suivi les cours classiques est mieux préparé aux fonctions de directeur et à l'entrée dans les plus hautes classes sociales, et qu'il est plus apte à s'assurer une vie heureuse avec le confort des amusements intellectuels.

2° Une liaison complète doit être établie entre les enseignements supérieurs des matières scientifiques et ceux des matières techniques. Les enseignements scientifiques doivent être distribués en toutes les années du cours, réservant pour les années supérieures quelque cours monographique général, par exemple un cours sur les mouvements vibratoires, pour empêcher que les élèves soient trop chargés de matières théoriques pendant les premières années, et les oublient pendant les années supérieures et pour donner place dans les premières années à quelque matière technique qui, comme le relèvement des terrains, amuse les élèves et leur permet de commencer à envisager des questions pratiques. Les cours scientifiques doivent être spéciaux pour les élèves ingénieurs; il ne faut pas qu'ils s'adressent à plusieurs classes d'étudiants.

3° M. Lori est opposé aux spécialisations. Il accepte seulement la division des ingénieurs en trois branches : civils, industriels, architectes. Il désire que chaque élève dans la dernière année de son cours soit libre de choisir les matières techniques dans lesquelles il se propose de se spécialiser.

4° Donner dans l'école une pratique complète aux ingénieurs comme on le fait pour les médecins est impossible. Aussi, M. Lori propose que chaque élève, avant d'obtenir le diplôme, soit accepté pour une période d'au moins 6 mois dans un établissement technique d'État (génie civil, mines, etc.) pour y faire de la vraie pratique dans branche choisie par lui.

Dans sa communication, M. Lori a également envisagé la signification qu'il convient de donner au mot « ingénieur ». Il estime que beaucoup des travaux que les ingénieurs font en Italie devraient être accomplis par des experts licenciés des écoles secondaires et que l'ingénieur devrait être employé seulement pour des travaux qui exigent une culture supérieure et dans lesquels un esprit de direction est nécessaire. Aussi demande-t-il que le nombre des écoles secondaires techniques, qui, contrairement aux écoles supérieures, doivent être spécialisées, soit augmenté et que l'accès de l'enseignement supérieur, auquel on doit admettre seulement les plus fortes intelligences, soit rendu plus difficile.

Les nouveaux Instituts de recherches de l'Allemagne. — *La Nature* (8 février) signale que deux grands Instituts de recherches scientifiques viennent de s'ouvrir en Allemagne et qu'un troisième s'ouvrira prochainement.

L'un d'eux, l'Institut de Chimie, a été établi à Dahlem, près de Berlin, sur un terrain appartenant à l'État; les bâtiments ont coûté 1 375 000 fr, don de la Verein Chemische Reichsanstalt qui a également doté l'établissement d'un revenu annuel de 175 000 fr. Il est dirigé par M. Beckmann, de Leipzig, assisté des professeurs Willstätter, de Zurich, et Hahn, de Berlin.

Le deuxième est l'Institut de Chimie physique et d'Électrochimie; il est dû à la libéralité d'un grand industriel berlinois, M. Koppel. Il est placé sous la direction du professeur Haber de Karlsruhe, bien connu par ses travaux sur la fabrication synthétique de l'ammoniaque.

La création du troisième Institut a été décidée tout récemment. Cet Institut sera situé à Mulheim, dans le bassin de la Ruhr. Les bâtiments coûteront 875 000 fr, une somme double de celle-ci sera consacrée à l'outillage.

Le Comité de direction de tous ces Instituts a pleine indépendance pour diriger les recherches dans le sens qui lui conviendra, Mais il doit rester en contact intime avec les industriels de la région, les Universités et les administrations, qui peuvent lui soumettre des problèmes scientifiques qu'ils désirent voir étudier, à leurs propres frais, bien entendu, et au besoin par leur propre personnel. Les directeurs et les savants des Instituts de recherches ont le droit de breveter les inventions faites par eux, à condition de laisser une participation de 25 à 30 pour 100 à l'Institut.

La genèse de ces établissements découle des considérations suivantes : on s'est inquiété en Allemagne du fait que les obligations pédagogiques des professeurs d'Université ne leur laissaient plus que de faibles loisirs pour les recherches scientifiques proprement dites. En effet, la tâche principale de ces professeurs est de former des ingénieurs et des techniciens, et l'on n'admet pas que ce rôle essentiel, si bienfaisant pour le pays, puisse être négligé par eux, pour quelque motif que ce soit. Mais, avec le développement de l'industrie allemande, cette tâche s'accroît sans cesse et l'on a pu craindre qu'il n'en résultât un ralentissement de la production scientifique pure et, par suite, que la source primordiale d'où découlent les principaux progrès industriels ne vînt à tarir. C'est alors que fut décidée la création de ces Instituts de recherches, réservés à des travailleurs dégagés de toute obligation d'enseignement et pourvus de l'outillage scientifique le plus parfait.

La Physikalisch-Technische Reichsanstalt. — Nos lecteurs connaissent avantageusement cet important Institut par les nombreuses analyses que nous consacrons aux Communications qui en émanent. Fondé en 1888 à Charlottenbourg par Werner von Siemens, il n'est pas exagéré de le considérer comme le plus puissant laboratoire du monde entier. Son outillage de premier choix, ses ressources financières suffisantes permettent aux cent fonctionnaires qui y travaillent de mener de front les recherches techniques au profit des industriels et les études qui ressortissent du domaine de la Science pure. Parmi ces dernières, qu'il nous suffise d'indiquer les résultats obtenus pour les lois du rayonnement, une reprise et une extension des mesures de Regnault avec les instruments les plus perfectionnés de notre époque.

Comme rien en ce bas monde ne saurait échapper à la critique, l'organisation et les résultats acquis pour la Physique générale par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt ont subi une attaque assez vive de la part de M. Voigt, professeur à l'Université de Gœttingue. Le président actuel, E. Warburg, a présenté la défense de l'Institut qu'il dirige, ce qui a provoqué une réplique de M. Voigt.

Cette controverse est reproduite *in extenso* dans la *Physikalische Zeitschrift* du 1er novembre 1912, pages 1091 à 1095; nous emprunterons seulement à la réponse de M. Voigt quelques considérations générales qui, suivant l'expression du *Journal de Physique*, donnent au débat une ampleur qui lui fait dépasser les frontières de son pays. « La pensée maîtresse de mon discours, dit M. Voigt, est celle du danger qui réside dans les tendances fortement centralisatrices, dans les avantages accordés aux grands Instituts de Physique aux dépens des petits. Je dis aux dépens, parce que, dans la rigoureuse réalité, il arrive qu'à un haut degré, ce qui afflue vers les uns est enlevé aux autres; et il ne s'agit pas seulement des subsides strictement limités par l'État. La première section de la Reichsanstalt est au premier rang des grands Instituts et sa fondation, qui prévoit une extension de son activité à la Physique pure, fait naître la crainte qu'elle ne contribue indirectement à l'abaissement des petits Instituts. Et, à mon avis, ces petits Instituts sont un élément essentiel d'une saine activité scientifique.

» A la vérité, les Instituts gigantesques ont une raison d'être parce qu'il y a des recherches dont ne pourraient venir à bout même des Instituts normalement installés, celles notamment qui exigent le concours d'un nombreux personnel et de ressources considérables et auxquelles, naturellement, l'impulsion est donnée par une forte personnalité, mise au poste de commandement. L'exemple le plus caractéristique est le grand Institut de l'Université de Leyde. »

On conseille aux directeurs des petits Instituts de s'efforcer d'augmenter leurs ressources... « Mais la puissance d'attraction d'un Institut central est d'un tout autre ordre de grandeur que celle d'un Institut de province, et il est plus difficile à ce dernier de trouver des cents, qu'au premier des mille et des dizaines de mille.

» Par la tendance à renforcer et augmenter toujours davantage les Instituts centraux, nous arriverons finalement, en Allemagne, à des situations fâcheuses. Et déjà bien des choses sont peu réjouissantes.

» La situation et l'action d'un professeur d'École supérieure dépendent essentiellement de la possibilité qu'il a de collaborer de front au développement de la science. La création d'une classe de fonctionnaires, travaillant dans des conditions bien plus favorables que celles qui lui sont faites, risque de repousser ce professeur en deuxième ligne et, par là, de nuire aux Écoles supérieures elles-mêmes. Le professeur ordinaire d'âge mûr qui, dans un institut provincial s'efforce, à côté de sa lourde tâche professionnelle, de faire de la recherche scientifique avec de maigres ressources et une aide insuffisante, doit envier au jeune auxiliaire de la Reichsanstalt ces moyens dont il dispose, et nos jeunes gens, dont le temps est absorbé pour la plus grande part par le service fatigant de l'Institut, qui doivent souvent observer avec de faibles ressources, se plaignent de la concurrence inégale que leur font, pour les chaires de professeur, ces travailleurs plus favorablement placés...

» Un de mes collègues les plus actifs et les plus appréciés, gravement inquiet pour notre Göttingen, s'est souvent exprimé dans ce sens pour nous; grâce à des efforts particuliers, la vieille tradition nous soutient encore; mais la génération prochaine glissera rapidement sur la pente, car les forces qui travaillent à la centralisation sont toutes-puissantes.

» Quand nous, les anciens, nous protestons contre une telle perspective, quand nous prédisons des conséquences certaines, il ne s'agit pas de nous-mêmes, qui sommes à la fin de notre carrière, mais de l'avenir de notre Science, dont le normal développement réclame des Instituts provinciaux florissants. »

LÉGISLATION, JURISPRUDENCE, ETC.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES.

Décret portant promulgation de la convention conclue à Paris, le 15 septembre 1911, entre la France, la Belgique et les Pays-Bas pour régler le service de la correspondance téléphonique entre la France et les Pays-Bas.

Le Président de la République française,

Sur la proposition du Ministre des Affaires étrangères, du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes et du Ministre des Finances,

Décrète :

ARTICLE PREMIER. — Le Sénat et la Chambre des Députés ayant approuvé la convention conclue à Paris le 15 septembre 1911, entre la France, la Belgique et les Pays-Bas, pour régler le service de la correspondance téléphonique entre la France et les Pays-Bas par la Belgique, et les ratifications de cet acte ayant été déposées à Paris, le 17 janvier 1913, ladite convention dont la teneur suit, recevra sa pleine et entière exécution :

CONVENTION

RÉGLANT LE SERVICE DE LA CORRESPONDANCE TÉLÉPHONIQUE ENTRE LA FRANCE ET LES PAYS-BAS PAR LA BELGIQUE.

Le Président de la République française, S. M. le Roi des Belges, et S. M. la Reine des Pays-Bas, désirant régler le service de la correspondance téléphonique entre la France et les Pays-Bas, par la Belgique, et usant de la faculté qui leur est accordée par l'article 17 de la Convention télégraphique internationale signée, le 22 juillet 1875, à Saint-Pétersbourg, ont résolu de conclure une convention générale à ce sujet et ont nommé pour leur plénipotentiaires, savoir :

Le Président de la République française :

M. J. de Selves, sénateur, Ministre des Affaires étrangères;

S. M. le Roi des Belges :

M. le baron Guillaume, son envoyé extraordinaire et Ministre plénipotentiaire près le Président de la République française;

S. M. la Reine des Pays-Bas :

Son chambellan, M. le chevalier de Stuers, son envoyé extraordinaire et Ministre plénipotentiaire près le Président de la République française,

Lesquels, après s'être communiqués leurs pleins pouvoirs, trouvés en bonne et due forme, sont convenus des dispositions suivantes :

ARTICLE PREMIER. — La correspondance téléphonique entre la France et les Pays-Bas, par la Belgique, est assurée au moyen de fils conducteurs dont le diamètre, la conductibilité et l'isolement sont en rapport avec les conditions dans lesquelles la correspondance doit s'effectuer.

Ces fils sont protégés, dans la plus large mesure possible, contre les influences nuisibles et, notamment, contre celles qui peuvent résulter du voisinage de courants d'énergie électrique.

Chacune des trois administrations fait exécuter à ses frais, sur son propre territoire, les travaux d'établissement et d'entretien des lignes téléphoniques.

Les communications téléphoniques peuvent être originaires ou à destination des postes publics et des postes d'abonnés.

ART. 2. — A moins de décision contraire prise d'un commun accord par les administrations intéressées, les circuits spécialement constitués en vue de la correspondance téléphonique sont exclusivement affectés à ce service.

ART. 3. — L'unité admise, tant pour la perception des taxes que pour la durée des communications, est la conversation de trois minutes.

ART. 4. — Les communications d'État jouissent de la priorité attribuée aux télégrammes d'État par l'article 5 de la convention internationale de Saint-Pétersbourg du 22 juillet 1875.

La durée des communications d'État n'est pas limitée.

ART. 5. — La taxe est acquittée par la personne qui demande la communication.

Elle est formée du total des taxes élémentaires fixées comme il suit, par conversation ordinaire de trois minutes :

A. — *Taxes élémentaires terminales.*

En France :

A 2 fr pour les communications originaires ou à destination des centres téléphoniques des départements désignés ci-après :

Aisne, Allier, Ardennes, Aube, Calvados, Cher, Côte-d'Or, Creuse, Doubs, Eure, Eure-et-Loir, Ille-et-Vilaine, Indre, Indre-et-Loire, Jura, Loir-et-Cher, Loiret, Maine-et-Loire, Manche, Marne, Haute-Marne, Mayenne, Meurthe-et-Moselle, Meuse, Nièvre, Nord, Oise, Orne, Pas-de-Calais, Haute-Saône et territoire de Belfort, Saône-et-Loire, Sarthe, Seine, Seine-et-Marne, Seine-et-Oise, Seine-Inférieure, Somme, Vienne, Vosges, Yonne (1re zone);

A 4 fr pour les communications originaires ou à destination des centres téléphoniques des départements non compris dans la 1re zone (2e zone).

Aux Pays-Bas :

A 1,50 fr pour toute communication originaire ou à destination d'un centre téléphonique néerlandais.

B. — *Taxe élémentaire de transit.*

En Belgique :

A 1,50 fr pour toute communication, quel que soit le pays d'origine ou de destination. Cette taxe reste la même dans le cas d'emploi d'un circuit direct entre la France et les Pays-Bas.

Les trois administrations pourront, d'un commun accord, modifier les taxes élémentaires et les réduire pendant les heures de nuit.

Les administrations française et néerlandaise pourront apporter à la détermination des zones les rectifications rendues nécessaires par le développement du réseau de chaque pays.

ART. 6. — Les administrations intéressées déterminent, d'un commun accord, l'affectation de chacun des circuits par lesquels peuvent s'établir les relations internationales, les réseaux ou villes admis à la correspondance et les heures entre lesquelles les relations sont autorisées.

Les conversations échangées, par l'intermédiaire du bureau de Bruxelles, entre la France et les Pays-Bas, les jours ouvrables pendant les heures du marché financier (onze heures trente du matin à trois heures trente du soir, temps de Greenwich), auront la priorité sur l'un des circuits constitués entre Paris et Bruxelles, d'une part, Bruxelles et Amsterdam, d'autre part. Cette disposition pourra être modifiée d'un commun accord entre les trois administrations intéressées, notamment dans le cas où une ligne directe Paris-Amsterdam serait mise en exploitation.

ART. 7. — Après accord entre les trois administrations, un régime d'abonnement à heures fixes pendant la nuit pourra être établi entre la France et les Pays-Bas.

ART. 8. — Après entente entre les trois administrations intéressées, un service d'appel téléphonique pourra être organisé entre la France et les Pays-Bas.



Les administrations fixeront, d'un commun accord, les taxes à appliquer aux avis d'appel téléphonique.

Art. 9. — Chaque administration reçoit pour sa part les taxes élémentaires afférentes au parcours sur son territoire.

Les recettes téléphoniques font, de la part de chaque administration, l'objet d'un compte spécial indépendant du compte des recettes télégraphiques.

Art. 10. — Après accord, des relations peuvent s'ouvrir avec des pays voisins en transit par les lignes téléphoniques des administrations des États contractants.

Art. 11. — En vertu de l'article 8 de la convention internationale de Saint-Pétersbourg, chacune des parties contractantes se réserve de suspendre totalement ou partiellement le service téléphonique sans être tenue à aucune indemnité.

Art. 12. — Les administrations des États contractants ne sont soumises à aucune responsabilité à raison du service de la correspondance privée par voie téléphonique.

Art. 13. — Les dispositions de la présente convention seront complétées par un règlement de service, arrêté d'un commun accord entre les trois administrations.

Art. 14. — La présente convention sera mise à exécution à la date qui sera fixée par les administrations contractantes, dès qu'elle sera devenue définitive, selon la législation particulière à chacun des trois États.

Elle restera en vigueur pendant un an après que la dénonciation en aura été faite par l'un ou l'autre des gouvernements.

En foi de quoi, les plénipotentiaires respectifs ont signé la présente convention qu'ils ont revêtue de leurs cachets.

Fait en triple expédition à Paris, le 15 septembre 1911.

(*L. S.*) Signé : J. de Selves.
(*L. S.*) — Guillaume.
(*L. S.*) — A. de Stuers.

Art. 2. — Le Ministre des Affaires étrangères, le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes et le Ministre des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 31 janvier 1913.

A. Fallières.

Par le Président de la République :
Le Ministre des Affaires étrangères,
Jonnart.

Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,
Jean Dupuy.

Le Ministre des Finances,
L.-L. Klotz.

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité consultatif du Syndicat professionnel des Usines d'électricité du 13 janvier 1913.

Présents : MM. Frénoy, président; Fontaine, secrétaire général; Cochegrus, Doucerain, de Clarens, Sirey.

Absents excusés : MM. Hussenot, Philippart.

Les espèces suivantes sont communiquées au Comité :

Conseil d'État. — 8 novembre 1912, Compagnie d'Électricité marseillaise. Maire, compteurs électriques, établissement d'une taxe, excès de pouvoirs (*La Loi*, 22 décembre 1912). — 15 novembre 1912, Roussel. Arrêté municipal, dispositions générales, recours, délai, point de départ, affichage (*La Loi*, 27 décembre 1912).

Cour de cassation. — 26 novembre 1912, Pétillon contre Marks. Obligation, absence de cause, nullité, action en justice, compte arrêté (*La Loi*, 26 décembre 1912).

Justice de Paix. — 6 novembre 1912, Société générale d'entreprise contre commune d'Issy-les-Moulineaux. Octroi, matériaux de construction, consommation locale, usine génératrice d'électricité, ensemble excédant les limites de la commune, droits perçus à tort, restitution (*La Loi*, 13 décembre 1912).

Difficultés avec la Compagnie du Gaz. — La ville de X... a donné à la Compagnie du Gaz le privilège de canaliser les rues. Or, depuis quelques années, le consultant éclairait à l'électricité un établissement en empruntant un chemin qu'il présumait privé tandis qu'il est réellement sous la dépendance de la ville. Sur les instances de la Compagnie du Gaz, l'éclairage de cet établissement par l'électricité n'a pas été continué ; mais la Compagnie du Gaz réclame des dommages-intérêts pour le préjudice causé. Le consultant signale que l'établissement en question s'éclairait précédemment au pétrole et a repris ce mode d'éclairage depuis que le concessionnaire lui a supprimé l'électricité.

Le Comité consultatif répond que la Compagnie du Gaz ne peut pas réclamer directement à la Compagnie électrique des dommages-intérêts, car il n'y a pas de lien de droit entre les deux fournisseurs. Mais elle pourrait réclamer une indemnité à la ville pour avoir laissé distribuer du courant au moyen d'une canalisation dans une rue et à raison du dommage résultant de la concurrence illicite par rapport au gaz, s'il y a eu dommage (en principe) pendant la distribution d'électricité.

La ville verra si elle ne peut pas soutenir que l'éclairage de cet établissement antérieurement fait au pétrole, bien que le gaz existât, et revenu au pétrole après la cessation de fourniture de l'électricité, n'a pu causer de dommage à la Compagnie du Gaz, parce qu'elle n'était pas en droit de compter sur ce client, et ne peut pas prétendre qu'il lui a été détourné. On place, en général, en dehors des effets de la concurrence tous ceux qui ont manifesté ne pas vouloir devenir clients du gaz (*voir* Conseil d'État, 8 février 1895, La Rochelle; 17 janvier 1902, Compiègne; 25 mai 1903, Limoges; 4 août 1905, Fécamp).

Le même consultant pose une deuxième question au sujet de certains abonnés de force motrice qui transformaient l'énergie force en énergie lumière, la Compagnie du Gaz réclamant des dommages-intérêts pour ces abonnés.

Le Comité demande communication de la police pour voir si la police interdisait aux abonnés de transformer la force en éclairage et, par conséquent, si la Compagnie d'électricité a participé à cette transformation, qui serait illicite au regard de la Compagnie du Gaz si elle avait été autorisée ou tolérée par la Compagnie d'électricité.

Augmentation du prix du courant. — Une Compagnie adhérente concessionnaire de l'éclairage électrique a obtenu, avec approbation préfectorale régulière, et avenant au cahier des charges l'autorisation d'augmenter le prix maximum du courant. Les abonnés protestent contre cette augmentation, prétendant qu'il faudrait que la Compagnie fût à l'expiration de sa concession ou en faillite pour avoir le droit d'augmenter le tarif maximum.

En outre, la moitié des consommateurs n'ont pas signé de police d'abonnement.

La police contient une clause conforme aux stipulations du cahier des charges, d'après laquelle la Compagnie s'engage à fournir le courant à toute personne qui souscrira une police d'abonnement de 3 ans.

Le Comité, après examen du dossier communiqué, répond que les abonnés ne peuvent pas faire annuler une modification au Cahier des charges qui est intervenue dans des conditions régulières avec approbation préfectorale, et qui porte sur un élément facultatif du cahier des charges, c'est-à-dire sur le prix. Cette partie du cahier des charges est du domaine de la convention ; la fixation du prix est réservée aux parties. Du moment que la convention est régulière au point de vue administratif, elle s'impose aux abonnés.

La délibération du Conseil municipal indique que les droits des tiers demeurent réservés, c'est-à-dire que la Compagnie (ainsi qu'elle en a l'intention) doit respecter les droits des abonnés en cours et ne dénoncer leurs polices qu'au fur et à mesure de leur expiration.

Une difficulté se présente en ce qui concerne les consommateurs qui n'ont pas signé de police. Le Comité estime que ces consommateurs ne peuvent pas se prévaloir des conditions de la police, et notamment de la durée de l'abonnement qui est de 3 ans, bien qu'elle soit déterminée dans le Cahier des charges. Le défaut de signature d'une police s'oppose à ce qu'on puisse invoquer le bénéfice de cette durée contractuelle contre le fournisseur. Il n'y a, à défaut de police, qu'un état de fait qui peut cesser après préavis, sauf à régler la fourniture réelle sur la base de l'ancien prix du courant. Cette fourniture n'a pas été faite en vertu du Cahier des Charges, qui, du reste, ne subordonne l'abonnement à une durée de 3 ans que dans l'intérêt du concessionnaire et au point de vue de son obligation de fournir l'éclairage. Il pourrait ne pas exiger cette durée.

La Compagnie n'ayant qu'un nombre limité d'années pour faire l'expérience d'un nouveau tarif majoré, si les non-abonnés avaient encore un, deux ou trois ans à être servis au taux ancien, l'expérience ne pourrait pas être faite, mais la fourniture effectuée sans convention n'a pas de durée déterminée.

La même Compagnie demande si, sur chaque police existante elle peut, avec le consentement de l'abonné, rayer en l'approuvant l'ancien prix et indiquer le nouveau, ou si elle doit refaire de nouvelles polices.

Le Comité répond qu'il n'est pas utile de faire de nouvelles polices; la Compagnie n'a qu'à payer le supplément de droit à l'Enregistrement sur la différence de prix.

Dans l'intervalle des séances, l'avis suivant a été donné :

En 1874, une décision ministérielle décidait que l'État prendrait à sa charge les réparations du barrage moyennant une redevance annuelle pour chaque moulin de X..., soit en tout pour les deux moulins, x fr. Or, actuellement, les ingénieurs veulent augmenter les frais de barrage sous le prétexte que la somme fixée à x fr est insuffisante; ils veulent la porter pour 30 ans à x fr, annuellement, et comme, par suite de la réglementation des eaux, le consultant a droit aux $\frac{3}{5}$ de la chute, son imposition annuelle serait de x fr, soit une augmentation de x fr. M. l'Ingénieur, et par suite l'État, ont-ils le droit d'agir ainsi?

Les usiniers établis sur un cours d'eau navigable sont tenus de participer à l'entretien et à la réparation des ouvrages qui intéressent à la fois la navigation et le fonctionnement des usines (loi du 16 septembre 1807, art. 34).

A défaut de disposition spéciale, il n'y a pas lieu de distinguer entre les grosses réparations et les travaux d'entretien, et les usiniers sont tenus de contribuer à celles-là aussi bien qu'à ceux-ci.

La répartition des frais et dépenses est faite entre les divers intéressés par un règlement d'administration publique (loi de 1807, art. 34).

Pour les travaux de simple entretien, il est plutôt d'usage de donner à la contribution de l'usinier la forme d'une redevance annuelle et forfaitaire (*Répert. général du Droit français*, de Carpentier, *voir* Usines et Moulins, n° 208 et suiv. et 214).

Dans l'espèce, la redevance annuelle et forfaitaire de 300 fr pour les deux moulins paraît avoir fait simplement l'objet d'une simple décision ministérielle intervenue le 2 mars 1874.

Actuellement, au contraire, conformément aux instructions contenues dans une dépêche ministérielle du 27 juillet 1910, la répartition des frais d'entretien du barrage ferait l'objet d'un décret spécial rendu dans la forme des règlements d'administration publique par application de l'article 34 de la loi du 18 septembre 1807.

L'usinier aurait-il le droit d'attaquer le nouveau décret à intervenir par la voie du recours devant le Conseil d'État pour excès de pouvoirs? Nous ne le pensons pas, parce que, en acceptant la décision ministérielle du 2 mars 1874, il a accepté le principe de la redevance (*voir* en ce sens, Conseil d'État, 14 décembre 1894, *Rec. Lebon*, p. 686).

Mais, en ce qui concerne l'augmentation même de la redevance, l'usinier aurait le droit de contester le chiffre comme ne correspondant pas réellement aux dépenses d'entretien nécessaires et, pour cela, il pourrait demander communication du dossier des dépenses avant de porter sa contestation devant le Conseil de préfecture (FABREGUETTES, *Traité des eaux*, t. II, p. 821).

C'est en effet le Conseil de préfecture qui est compétent en matière de contestation avec l'administration en ce qui concerne la grande voirie (loi du 28 pluv. an VIII, art. 4).

ACCIDENTS DU TRAVAIL. — M. le Secrétaire général donne connaissance des espèces suivantes :

COUR D'APPEL. — Paris, 2 juillet 1912, Bréhon contre Mercier. Accident du travail, maladie préexistante, manifestation à jour fixe, cause lente et durable, loi de 1898 inapplicable (*La Loi*, 8 décembre 1912). — Poitiers, 4 novembre 1912, Veuve Richard contre Veuve Billaud. Accident du travail, salaire de base, calcul pourboires, contrat, exclusion, indemnité de logement, domicile personnel (*La Loi*, 8 janvier 1913).

JUSTICE DE PAIX. — Paris, 14 novembre 1913, D[r] Prieur contre Hazeler. Accident du travail, choix du médecin, ouvrier attiré par des primes, acte dolosif, honoraires, patron non obligé (*La Loi*, 30 décembre 1912).

INFORMATIONS DIVERSES.

Forage à la dynamite des trous pour suppports des lignes aériennes. — D'après *Electrical World*, on a employé avec succès la dynamite pour creuser rapidement dans la terre gelée les trous destinés à recevoir les pieds des poteaux des lignes aériennes de transmission d'énergie.

On creuse d'abord une petite cuvette d'une profondeur de 15 cm et d'un diamètre égal à celui du trou à obtenir; au centre de cette cuvette on fore un trou de 5 cm de diamètre et dont la profondeur est égale à celle du trou final. Une cartouche de dynamite de 225 g environ est déposée au fond du trou. Après l'explosion, la terre gelée complètement désagrégée, est enlevée à la pelle comme une terre meuble ordinaire.

Une équipe peut ainsi creuser de 60 à 80 trous par journée de travail; la dépense par trou est d'environ 1,75 fr, alors qu'elle était auparavant de 8,75 fr.

La fabrication du ciment au four électrique. — Une des principales difficultés rencontrées dans l'emploi du four électrique pour la fabrication du ciment est la formation du carbure de calcium, lequel, par suite du dégagement d'acétylène qu'il donne en présence de l'eau, nuit considérablement aux qualités du ciment ainsi fabriqué. D'après *The Engineer*, l'ingénieur suédois, A.-R. Lindblad, serait parvenu à surmonter cette difficulté en ajoutant à la charge une certaine quantité d'un oxyde métallique qui est réduit par le carbure de calcium. L'oxyde de fer est indiqué comme convenant bien; au lieu de l'ajouter à la charge avant chauffage, on peut l'ajouter sous forme de poudre au moment du défournement.

Application du four électrique à la fabrication d'un nouvel engrais potassique. — Un électrométallurgiste suédois, Axel Lindblad (l'un des constructeurs des fours de Trolhättan) vient de mettre au point la fabrication d'un nouvel engrais potassique pouvant remplacer les sels de Starsfurt, dont il est importé annuellement en Suède pour plus de 10 000 000 fr. Ce nouvel engrais, qui a été appelé électrokali, est obtenu en traitant au four électrique du feldspath ou autre minéral à base de potasse avec une quantité convenable de charbon et de fer; il se produit du ferro-silicium pouvant être employé dans les aciéries et fonderies et une scorie potassique facilement soluble. Pour l'emploi il suffit de broyer la scorie dans un moulin à godets puis de tamiser. Les essais faits sur l'électrokali ont montré qu'il est très assimilable par tous les terrains; il offre, d'ailleurs, sur les sels de Starsfurt l'avantage de ne pas contenir de chlorures, lesquels sont réputés nuisibles dans certains sols. On préconise encore l'électrokali pour la fabrication des sels de potassium et d'aluminium.



Tome XIX. N° 221. — 7 mars 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Dans les pages 209 à 220, M. A. Mauduit expose les résultats de ses **recherches expérimentales sur la commutation dans les dynamos à courant continu.**

Comme on l'a vu dans la première partie de cet article, consacrée à l'historique des travaux relatifs à la commutation (numéro du 7 février, p. 117 à 123), l'équation attribuée à Arnold, mais dont la priorité appartient à M. Paul Girault, conduit à des conséquences qui sont parfois en contradiction avec les résultats de la pratique. En particulier, elle indique que la commutation ne peut être bonne si l'on n'a pas $\rho T > \mathcal{L}$ (où ρ est la résistance de contact de la ligne de balais, T la durée du passage d'une lame du commutateur sous un balai, $\mathcal{L}$ la self-induction d'une section de l'induit). Or, cette condition n'était pas remplie dans les anciennes dynamos à balais métalliques et petit nombre de sections, qui, cependant, commutaient convenablement.

La base de la théorie qui conduit à l'équation d'Arnold étant que la résistance de contact est constante et indépendante de la densité de courant, c'est cette hypothèse qu'il convenait de vérifier.

Le dispositif expérimental, employé par M. Mauduit pour cette étude, a été décrit dans le précédent numéro, pages 158 à 164. Dans ce dispositif, les deux circuits de l'induit sont représentés par deux batteries d'accumulateurs associées à des bobines d'inductance et de résistance; les deux extrémités de même polarité sont reliées entre elles et constituent l'une des bornes de l'induit artificiel; leurs deux autres extrémités sont connectées respectivement, d'une part à l'une des extrémités d'une section artificielle constituée par une self-inductance et une résistance en série, d'autre part à chacune des deux bagues d'un commutateur tournant à nombre pair de lames, les lames de rang impair étant reliées à une bague, les autres à la seconde bague; sur ce commutateur frotte un balai de largeur inférieure à celle d'une lame et qui constitue la seconde borne de l'induit artificiel. Deux équipages oscillographiques fournissent la courbe de l'intensité du courant dans la section et celle de la différence de potentiel entre une lame et le balai.

Comme on le verra par la lecture de l'article publié dans ce numéro, les essais ont porté sur deux types de balais de la Société Le Carbone. Les premiers essais, effectués sans self-inductance dans la section, ont montré que la chute de tension ε au balai ne peut être représentée par une équation $\varepsilon = a + bj$ (où j est la densité de courant) à coefficients constants, et que b diminue quand j augmente.

L'étude des courbes observées dans les essais avec self-inductance a montré que le courant i diminue

d'abord suivant une loi voisine d'une exponentielle, puis que la courbe représentative devenue concave, présente vers la fin de la commutation un point anguleux plus ou moins marqué et descend ensuite presque verticalement, tandis que la chute de tension correspondante s'élève alors très rapidement, présente un maximum très pointu et redescend ensuite. Pour M. Mauduit, la descente brusque de l'intensité correspond à l'étincelle de *coupure* en fin de commutation; le commencement de la montée rapide de la tension correspond au commencement de la descente brusque du courant, c'est-à-dire au début de la coupure de l'étincelle, et la pointe de tension à la fin de la coupure. Or la valeur de la tension, aussitôt avant sa montée brusque, est sensiblement la même sur toutes les courbes (1,1 à 1,35 volt), résultat très important qui montre que la tension de contact tend vers une limite quand la densité de courant augmente indéfiniment par suite de la diminution de la surface de contact entre le balai et la lame qui s'éloigne.

La réalisation d'un transformateur dont la tension puisse être réglée d'une manière continue en service offre une sérieuse difficulté : quand le contact mobile passe d'une prise à une autre il met un certain nombre de spires en court circuit. Pour éviter cet inconvénient on a généralement recours, comme dans les réducteurs d'accumulateurs, à l'insertion temporaire de résistances inductives entre la prise que l'on quitte et celle dont on veut se servir, mais ces résistances inductives compliquent nécessairement la construction des transformateurs.

Le **type de transformateurs réglables** qu'étudie M. G. VALLAURI pages 220 à 231 est, comme on le verra, basé sur une autre conception. Il est formé, en principe, de deux transformateurs de puissance moitié moindre que celle qui est requise et dont les circuits primaires, d'une part, et les circuits secondaires, d'autre part, sont reliés en série; on change le rapport de transformateur en faisant varier les contacts non simultanément mais successivement sur l'un et l'autre des deux transformateurs.

A la suite de cet article on trouvera une note de M. Daniel BERTHELOT revendiquant en faveur de Jamin et Maneuvrier la découverte du redressement des courants alternatifs par l'arc au mercure.

L'an dernier, dans les numéros des 12 et 26 mai et du 14 juillet, nos lecteurs ont pu lire les descriptions des divers types de lignes de contact et de locomotives essayés par la Compagnie des Chemins de fer du Midi sur le tronçon devoie ferrée compris entre Ille-sur-Tet et Villefranche. Ils trouveront aujourd'hui, pages 233 à 245, la description de l'une des locomotives, la **locomotive Thomson-Houston** et quelques résultats des essais de la **locomotive des Ateliers du Nord et de l'Est** déjà décrite.

L'**électrolyse des conduites d'eau par les courants de retour de tramways** est, depuis l'origine de la traction électrique, l'objet des préoccupations des compagnies de distribution d'eau ainsi que des compagnies de tramways. Récemment nous avons donné dans ces colonnes une analyse d'une communication de MM. Laupher et Smith, ingénieurs du Service des Eaux à Pittsburg [1], où ces ingénieurs relataient les résultats très satisfaisants qu'ils obtinrent en reliant les conduites d'eau et de gaz aux barres négatives de l'usine génératrice de manière à drainer les courants vagabonds qui, auparavant, causaient des dégâts importants à ces conduites.

Ce système de drainage, qui peut, à première vue paraître révolutionnaire aux ingénieurs européens, semble avoir conquis les sympathies des experts et des magistrats des États-Unis, si l'on en juge par une récente décision judiciaire signalée dans la note publiée page 242 de ce numéro. On y verra, en effet, que la Compagnie des Eaux de Péoria est contrainte à autoriser la Compagnie des Tramways à effectuer la connexion du réseau des rails au réseau des conduites d'eau.

Cette décision judiciaire est intéressante. Comme elle n'a certainement été prise qu'après enquête et discussion approfondie, elle conduit à se demander si à Paris, où les conduites d'eau, placées en égout, ont généralement des joints en plomb et sont, par leur situation même, relativement isolées, une solution analogue à celle appliquée à Pittsburg et préconisée à Péoria, ne serait pas plus satisfaisante que la solution actuelle.

* * *

L'utilisation des **paratonnerres à grand débit, les « niagaras »** de MM. de Beauchamp et de Négrier, comme protecteurs contre la grêle, a donné lieu à un intéressant article de notre collaborateur M. Turpain, publié dans le numéro du 8 décembre 1911. A la demande de l'Administration des Postes et Télégraphes, l'Académie des Sciences a été chargée d'étudier si l'érection de ces puissants paratonnerres pouvait avoir des inconvénients pour les installations télégraphiques et téléphoniques. Un rapport de M. Violle, dont une analyse est donnée page 246, a été déposé à ce propos.

J. BLONDIN.

(1) *La Revue électrique*, t. XVIII, 25 octobre 1912, p. 357.



UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : 7, rue de Madrid, Paris (8e). — Téléph. { 549.49. 549.62.

Syndicats adhérents à l'Union : SYNDICAT DES FORCES HYDRAULIQUES, DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE, DE L'ÉLECTROCHIMIE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES DU NORD DE LA FRANCE; SYNDICAT PROFESSIONNEL DE L'INDUSTRIE DU GAZ (USINES ÉLECTRIQUES DU); SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ; CHAMBRE SYNDICALE DE L'ÉCLAIRAGE ET DU CHAUFFAGE PAR LE GAZ ET L'ÉLECTRICITÉ; CHAMBRE SYNDICALE DES ENTREPRENEURS ET CONSTRUCTEURS ÉLECTRICIENS.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

CINQUIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1913.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue d'Édimbourg, 9.

Téléphone : 507-59.

CINQUIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1913.

Convocation de la septième Section.

MM. les Membres de la septième Section sont convoqués à la réunion mensuelle qui aura lieu le *vendredi 21 mars à 2 h 15 m*, au siège social, pour examiner les affaires à l'étude et statuer sur les questions soumises à son examen.

Service de placement.

Nous rappelons à MM. les industriels, membres du Syndicat, que le service de placement est à leur disposition en vue de leur signaler des candidats, munis de références, pour les emplois qui seraient vacants dans leur Maison. Nous les prions, en conséquence, de bien vouloir nous signaler le personnel dont ils auraient besoin pour que nous les aidions à le trouver.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre syndicale du 11 février 1913.

Présidence de M. R. Legouez.

La séance est ouverte à 2 h 15 m.

Sont présents : MM. Grosselin, M. Meyer, vice-présidents, M. Sauvage, secrétaire, Alliot, André, Berne, Brunswick, Casanova, Eschwège, Guittard, Iung, de La Ville Le Roulx, Roche-Grandjean, Schwarberg et Tournaire.

Excusés : MM. Bancelin, Bardon, Larnaude, F. Meyer, Minvielle, G. Meyer, Portevin, et Tourtay.

NÉCROLOGIE. — M. le Président fait part à la Chambre du décès de M. Genteur, constructeur électricien, membre de la Chambre depuis de longues années. En raison de l'avis tardif de ce décès, il n'a pas été possible de prévenir les membres de la Chambre, mais le Secrétaire général a assisté aux obsèques comme délégué du Syndicat et a exprimé à la famille de notre regretté collègue les regrets de notre Syndicat et les condoléances de la Chambre.

FÉLICITATIONS. — M. le Président signale à la Chambre qu'il a adressé ses félicitations à MM. Mazen et Chauvin, nommés chevaliers de la Légion d'honneur, à M. Heinz, promu officier de l'Instruction publique et à MM. de Baillehache et Crampon, nommés officiers d'Académie.

REMERCIEMENTS. — Il communique à la Chambre les remerciements adressés par ces Messieurs en réponse.

ADMISSIONS. — La Chambre prononce les admissions suivantes :

De la *Compagnie des Charbons Fabius-Henrion* à, Paris, inscrite aux 2e et 5e Sections, représentée par M. Lazare *Lévi*, déjà membre du Syndicat, et M. *Chedeville*, sur la présentation de MM. Legouez et Chaussenot;

De la *Société Lacarrière « Lampe Z »*, inscrite à la 2e Section et représentée par M. Marcel *Lacarrière*, sur la présentation de MM. Legouez et Leclanché;

Du *Comptoir Lyon-Alemand*, inscrit à la 2e Section et représenté par M. *Routin*, déjà membre du Syndicat, qui passe de la 7e à la 2e Section.

De M. Georges *Dreyfus*, directeur de la Société Lilloise, inscrit à la 7e Section, sur la présentation de MM. Legouez et Chaussenot;

De M. *Frêne-Monval* (Émile), directeur de La Electricidad, à Sabadell (Espagne), inscrit à la 7e Section, sur la présentation de MM. Legouez et Chaussenot;

De M. *Liégeois* (Édouard), ingénieur électricien à Sèvres, inscrit à la 7e Section, sur la présentation de MM. Legouez et Chaussenot;

De M. *Mouterde*, ingénieur à Lyon, inscrit à la 7e Section, sur la présentation de MM. Zetter et Trouilhet;

De M. *de Poncharra*, ingénieur E.C.P. et E.S.E., présenté par MM. Liouville et Geoffroy, et inscrit à la 7e Section;

De M. *Charles Rossel*, inscrit à la 7e Section, sur la présentation de MM. Legouez et Chaussenot;

De M. *Viel* (Constant), ingénieur à Marseille, inscrit à la 7e Section, sur la présentation de MM. Javaux et Chaussenot;

De M. *Molard* (Jules), ingénieur électricien à Toulouse, inscrit à la 7e Section, sur la présentation de M. Jarriant et Chaussenot.

De M. *Mathieu* (Louis), directeur de la maison Bardon à Clichy, sur la présentation de MM. Bardon et Chaus-

senot, inscrit à la 7e Section et comme suppléant de M. Bardon, à la 2e Section;

De M. *Dugès-Delzescaults* (André), directeur commercial des Établissements Guinier, présenté par M. Pierre Lux et M. M. Meyer inscrit, à la 7e Section, et comme suppléant de M. Pierre Lux à la 6e Section;

De M. *de La Touanne*, directeur de la Société des téléphones Ericsson, sur la présentation de MM. Van Minden et Legouez, inscrit à la 4e Section comme délégué de la Société des téléphones Ericsson, en remplacement de M. Van Minden.

DÉMISSIONS. — De M. P. Richemond à Pantin, et de M. Berte, à Lille, qui ont cessé de s'occuper d'électricité, et de M. Van Minden, président de la Société des téléphones Ericsson, qui est remplacé par M. de La Touanne.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ. — M. le Président communique à la Chambre le procès-verbal de la séance du Comité de l'Union, en date du 8 janvier 1913 qui sera publié par la *Revue*.

UNION MÉTALLURGIQUE ET MINIÈRE. — La Chambre prend connaissance des documents ci-après de l'Union métallurgique et minière qui sont classés au Secrétariat à la disposition des membres adhérents : document n° 541, établissements dangereux, insalubres ou incommodes; n° 542, législation sur les habitations à bon marché; n° 543, hygiène et sécurité des travailleurs; n° 544, jurisprudence; n° 546, projet de loi relatif à l'établissement du régime douanier colonial.

LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ. — M. le Président signale à la Chambre qu'à la suite de la lettre qui a été adressée aux membres du Syndicat pour solliciter leur appui en vue du Laboratoire central, plusieurs souscriptions ont été reçues. Il remercie les souscripteurs et espère que ce bon exemple sera suivi et que le développement des services du Laboratoire, qui est d'un intérêt général pour l'industrie électrique, sera assuré grâce au concours de tous.

COURS D'APPRENTIS. — Ainsi qu'il avait été décidé, le nouveau cours d'apprentis organisé par le Syndicat, s'est ouvert rue Blomet le lundi 3 février. Quelques places restant encore libres, le Président attire l'attention des membres adhérents, ayant leurs ateliers dans ce quartier, sur l'intérêt que présentent ces cours et espère qu'ils apporteront leur concours à cette œuvre en envoyant quelques-uns de leurs apprentis.

RENOUVELLEMENT DES BUREAUX DE SECTIONS. — M. le Président rappelle que, conformément à l'article 10, des statuts, les Sections se sont réunies pour procéder au renouvellement de leurs Bureaux qui se composent comme suit pour l'année 1913 :

1re *Section* : MM. Guittard, président; Schwarberg, vice-président; Roche Grandjean, secrétaire.

2e *Section* : MM. Brunswick, président; Casanova, vice-président; Lens, secrétaire.

3e *Section* : MM. Grosselin, président; Iung, vice-président; Alliot, secrétaire.

4e *Section* : MM. Frager, président; Bordelongue, vice-président; André, secrétaire.

5e *Section* : MM. de La Ville le Roulx, président; Dinin, vice-président; Heinz, secrétaire.

6e *Section* : MM. M. Meyer, président; Courtant, vice-président, et Davin, secrétaire.

7e *Section* : MM. G. Meyer, président; Albert Cance et Chaussenot, vice-présidents; de Baillehache, Beaudier et Cellerier, secrétaires.

PRÉPARATION DES ÉLECTIONS A LA CHAMBRE. — M. le Président rappelle que conformément à l'article 11 des statuts, la Chambre se renouvelle par tiers chaque année. Il communique le tableau de la composition actuelle de la Chambre avec la répartition des délégués par Section; il indique quels sont les délégués arrivant à l'expiration de leur mandat, et rappelle qu'ils sont rééligibles. M. le Président fait remarquer que par suite du décès de MM. Genteur et Pornon, il y a lieu de les remplacer. Il présente la répartition des sièges de la Chambre, basée sur les tableaux arrêtés par les Sections. Cette répartition reste la même qu'en 1912; toutefois, par suite de l'accroissement de certaines Sections, d'autres atteignent à peine la limite et risquent de perdre des délégués si elles ne suivent pas l'exemple des Sections, qui sont en voie d'accroissement; et il attire en conséquence leur attention sur l'intérêt qu'il y a à faire un effort pour le recrutement de nouveaux adhérents.

COMPTES ET BILAN 1912. — En l'absence du Trésorier empêché d'assister à la séance, M. le Président communique à la Chambre les comptes et bilan de l'exercice 1912 qui présentent un solde créditeur intéressant. Sur sa proposition, la Chambre décide de procéder à l'amortissement complet du compte «Mobilier», déjà partiellement amorti dans les exercices précédents.

M. le Président attire l'attention de la Chambre sur l'exiguïté des ressources du Syndicat, les difficultés qui en résultent pour assurer les services et la nécessité de donner une extension en rapport avec l'importance des industries électriques. La recherche de nouveaux adhérents étant insuffisante pour obtenir ce résultat, il paraît nécessaire d'étudier la revision du taux des cotisations.

RÉUNION DE L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE. — Conformément à l'article 20 des statuts, la Chambre décide que l'Assemblée générale ordinaire se réunira le 11 mars prochain, au siège social à 3 h 30 m, elle fixe l'ordre du jour comme suit :

Rapport du Trésorier;

Rapport des Commissaires des Comptes, sur l'exercice 1912;

Rapport du Président;

Fixation pour l'année 1914 des bases de la subvention proportionnelle à laquelle sont soumis les établissements adhérents, et mise à l'étude des moyens d'augmenter les ressources du Syndicat;

Vérification du résultat des élections faites par les Sections professionnelles, pour le renouvellement partiel de la Chambre.

MÉDAILLES ET RÉCOMPENSES. — En prévision du prochain banquet de l'Union, la Chambre, sur la proposition du Président, décide qu'une circulaire sera adressée aux industriels adhérents afin de leur demander les propositions qu'ils désireraient faire en vue de leur personnel pour des récompenses honorifiques : médailles d'honneur du travail et médailles du Syndicat.

TRAVAUX DES SECTIONS. — Les 1re, 3e et 4e *Sections*

ont procédé à la nomination de leurs Bureaux et à la vérification des listes, et continué l'examen des questions à l'étude.

La 2e *Section* a émis le vœu que le dossier de la Section soit complété de façon à constituer une documentation sur les travaux du Syndicat et qu'un emplacement soit mis à la disposition du Secrétaire de la Section pour le classement de ses archives;

Elle a décidé que les réunions seront en principe mensuelles et auront lieu à 17 h 30 m, le premier mardi de la seconde quinzaine de chaque mois ou le 15 si ce jour tombe un mardi;

Elle a chargé M. Lens de rassembler les documents relatifs à la question d'unification des prises de courant en vue de poursuivre l'étude de cette question;

Elle a chargé son secrétaire de se procurer, pour la prochaine réunion, les documents relatifs au projet d'une marque syndicale;

Elle a reporté à une prochaine séance l'examen de la question d'unification des dimensions de certains appareils et des autres inscrites au programme d'études de la Section.

La 5e *Section*, après avoir procédé à la vérification des tableaux et aux élections du Bureau, a examiné les dispositions à prendre pour rechercher de nouveaux adhérents, et échange des vues sur les questions intéressant ses spécialités.

La 6e *Section* s'est occupée de la question d'unification des prises de courant et a émis le vœu que les conclusions qu'elle a formulées précédemment soient transmises à la Commission intersyndicale, chargée de cette affaire;

Elle a approuvé l'accord intervenu entre ses délégués et ceux de la 3e Section en vue de la rédaction définitive des conditions de réception des câbles et fils sous caoutchouc, à insérer dans les instructions concernant les installations intérieures;

Elle a appris avec plaisir le résultat des entrevues des représentants du Syndicat avec ceux de la Société centrale des Architectes. Elle espère que bonne suite sera donnée aux demandes qui ont été formulées, et que les épreuves de la publication de la série en préparation seront communiquées avant tirage, comme il a été convenu.

La 7e *Section* a pris connaissance du rapport relatif à la terminologie des machines, présenté par M. Brunswick et qui lui a été communiqué; elle a renvoyé l'examen de ce rapport à la prochaine séance et charge M. de Baillehache de le rapporter;

Elle a décidé que la question des unités électriques, que M. de Baillehache a spécialement étudiée, sera également examinée à la prochaine séance.

Affaires spéciales. — *Poteaux et supports.* — M. le Président signale que l'Union des syndicats de l'Électricité a été saisie par l'Administration d'une demande de renseignements sur l'esthétique des poteaux et supports des lignes électriques et qu'une Commission a été nommée à cet effet. La Chambre demande qu'un membre de notre Syndicat soit délégué à cette Commission.

Essais d'isolateurs. — M. le Président communique une lettre de la Chambre syndicale de la Porcelaine électrotechnique signalant que le Syndicat des Usines d'électricité a mis à l'étude la question des isolateurs en verre et en porcelaine. Estimant que la question intéresse notre Syndicat, il a demandé au Syndicat des Usines que la question soit étudiée par une Commission intersyndicale. M. Eschwège, président du Syndicat des Usines, qui est présent, confirme que le Syndicat des Usines est d'accord sur ce point, et la Chambre décide de déléguer à cette Commission les Présidents des 2e et 5e Sections, avec faculté de se faire suppléer par des membres de leurs Sections.

Marque syndicale. — M. le Président signale que l'Association des consommateurs de lampes étudie la question d'une marque collective qui serait apposée sur les lampes livrées à ses adhérents; il pense qu'il y aurait intérêt à suivre l'étude de cette question d'accord avec le Syndicat des Usines d'électricité et de créer à cet effet une Commission intersyndicale. La Chambre approuve cette disposition et désigne comme délégués les Présidents des 2e et 6e Sections avec faculté de se faire remplacer par des membres de leur Section s'ils le jugent utile.

Correspondance. — La Chambre prend connaissance de la correspondance suivante :

Lettre de la *Chambre de Commerce de Paris*, faisant connaître la composition de son Bureau pour 1913. Des remerciements lui ont été adressés par le Président.

Lettre de l'*Association de documentation bibliographique*, demandant l'adhésion du Syndicat. L'Union des Syndicats de l'Électricité ayant adhéré à cette Association, la Chambre estime qu'il est inutile d'adhérer pour son compte personnel.

L'*Association des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers* ayant adressé une invitation à leur bal annuel, des remerciements ont été envoyés par le Président.

Le *Comité d'organisation de l'Exposition de Gand* a envoyé une circulaire sollicitant des adhésions. La Chambre estime qu'il n'y a pas lieu pour elle de participer à cette exposition, mais signale aux industriels adhérents l'intérêt qu'elle présente pour l'industrie française.

Lettre de M. Niclausse, membre de la Chambre de Commerce de Paris, signalant un projet de modification du régime douanier à Madagascar, qu'il est chargé d'étudier, et demandant l'avis du Syndicat. — La Chambre, en présence de l'intérêt que présente la question, en renvoie l'étude aux Sections intéressées.

L'*Office du Commerce extérieur* signale un appel fait par la municipalité de Montréal pour offre de matériel téléphonique et télégraphique. La Chambre décide que ces renseignements seront déposés au Secrétariat, à la disposition des membres adhérents que la question intéresse.

Annuaire 1913. — M. le Président fait remarquer à la Chambre que les frais de l'Annuaire 1912 ont été en grande partie couverts par les annonces; en présence de ce résultat, il propose à la Chambre de préparer, pour 1913, un nouvel Annuaire établi comme le précédent et pour lequel des annonces seront sollicitées. La Chambre approuve cette proposition et compte sur le concours des membres adhérents pour souscrire les annonces nécessaires, afin de couvrir les frais de l'Annuaire, dont la distribution est un moyen de propagande des plus intéressant.

Questions législatives. — La Chambre renvoie à l'examen de la Commission de législation les projets de loi : n° 2471, proposition de loi tendant à réprimer l'usurpation de la qualification de *français* par des individus, des sociétés ou des produits étrangers; n° 2476, proposition de loi sur la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail; n° 2482, proposition de loi ayant pour objet d'assurer aux travailleurs un repos hebdomadaire nécessaire par l'institution de la semaine anglaise.

La séance est levée à 3 h 45 m.

Le Secrétaire général, H. Chaussenot.

Le Président, R. Legouez.

Cotisations.

Afin d'éviter des frais de recouvrements, MM. les Membres adhérents du Syndicat sont priés de bien vouloir adresser leur cotisation de 1913 au Secrétariat qui leur en délivrera quittance signée du Trésorier.

Récompenses au personnel.

En vue du prochain banquet de l'Union, MM. les Membres adhérents qui auraient des candidats à présenter pour les différentes récompenses officielles, notamment *les médailles d'honneur du travail*, ainsi que pour *les médailles du Syndicat*, sont priés de se conformer strictement aux indications contenues dans la lettre circulaire qui leur a été adressée.

Nous attirons leur attention sur la nécessité absolue de nous faire parvenir les dossiers *complets et de suite*, toute demande en retard ne pouvant être suivie.

Bibliographie.

MM. les Membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les Annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° *Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans les immeubles et leurs dépendances;*

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;

7° Le Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 200 volts;

8° La brochure sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

9° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat professionnel des industries électriques (édition de 1907);

10° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Annuaire* de 1912, p. 104);

11° L'affiche « Conseils pour éviter la tuberculose »;

12° Affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

13° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et les principaux décrets, arrêtés, circulaires relatifs à l'application de cette loi (par brochures séparées);

14° *Arrêté technique du 21 mars* 1911, en application de la loi du 15 juin 1906;

15° Imprimés préparés pour *demandes de concession* de distribution d'énergie électrique (conformes au Cahier des charges type);

16° États de renseignements à fournir à l'appui d'une demande (annexe n° 3 à la circulaire ministérielle du 25 octobre 1908).

17° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris;

18° Renseignements relatifs à l'application de la loi du 5 avril 1901 sur les retraites ouvrières et paysannes;

19° Renseignements relatifs au fonctionnement de la Caisse syndicale de retraites des forges, de la construction mécanique, des industries électriques et de celles qui s'y rattachent.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

Cinquième Bulletin bimensuel de 1913.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre syndicale du 28 janvier 1913.

Présents : MM. Brylinski, président d'honneur; Eschwège, président; Berthelot, Brachet, vice-présidents; Fontaine, secrétaire général; Beauvois-Devaux, trésorier; Legouez, Tainturier, Sée.

Absents excusés : MM. Bizet, vice-président; Cordier, Mondon.

Il est rendu compte de la situation de caisse.

Nécrologie. — M. le Président a le regret de faire part du décès de Mme Rouillé, femme de notre collègue, et de Mme Alphonse Carels, femme d'un membre correspondant. Les condoléances de la Chambre syndicale ont été exprimées aux familles de nos collègues.

Distinctions honorifiques. — M. le Président porte à la connaissance de la Chambre syndicale les distinctions honorifiques suivantes : M. Joyeux, directeur du personnel au Sous-Secrétariat d'État des Postes et Télégraphes, a été promu commandeur dans l'ordre de la Légion d'honneur; M. Bouchard, directeur de l'exploitation téléphonique au sous-secrétariat d'État des Postes et Télégraphes, et M. Monmerqué, inspecteur général des services de contrôle des distributions d'énergie électrique, ont été promus officiers, et M. Mazen, ingénieur en chef adjoint à l'administration des chemins de fer de l'État, membre de la Chambre syndicale, a été nommé chevalier dans l'ordre de la Légion d'honneur.

Les félicitations de la Chambre syndicale ont été exprimées aux familles de nos collègues.

Correspondance et travaux intérieurs. — La correspondance échangée avec les membres du Syndicat a porté principalement sur les frais de contrôle, les limiteurs de courant, les lampes métalliques à filament étiré, etc.

Le service du placement indique 18 offres, 8 demandes et 3 placements connus comme réalisés.

ADMISSIONS. — M. le Président donne la parole à M. le Secrétaire général pour faire part des propositions d'admission.

Les membres présentés dans la précédente séance ont été admis après l'accomplissement des formalités statutaires.

REVUE ÉLECTRIQUE. — M. le Secrétaire général communique à la Chambre syndicale l'arrêté des comptes avec l'éditeur de *La Revue électrique*.

COMMISSION TECHNIQUE. — La Chambre syndicale ratifie la nomination de M. Aubert, ingénieur en chef des études et travaux neufs à la Compagnie Ouest-Lumière, comme membre de la Commission technique.

DOCUMENTS OFFICIELS. — Les documents suivants sont communiqués à la Chambre syndicale :

Loi du 27 décembre 1912 modifiant le troisième paragraphe de l'article 9 de la loi du 5 avril 1910 relative aux retraites ouvrières et paysannes (*Journal officiel* du 29 décembre 1912). Loi du 31 décembre 1912 modifiant certaines dispositions du Livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale relative à l'hygiène et à la sécurité des travailleurs (*Journal officiel* du 3 janvier 1913). Loi du 15 janvier 1913 interdisant dans la partie maritime des fleuves et cours d'eau utilisables pour la défense nationale, toute obstruction quelle qu'elle soit, sans avis favorable du département de la marine et sans approbation du Parlement (*Journal officiel* du 17 janvier 1913). Arrêté du 11 janvier 1913 nommant des membres de la Commission des distributions d'énergie. Arrêté du 16 janvier 1913 relatif à la composition de la Commission des distributions d'énergie électrique (*Journal officiel* du 19 janvier 1913).

M. le Secrétaire général indique également que les documents suivants ont été publiés au *Journal officiel* : depuis la dernière séance de la Chambre syndicale : Projet de loi portant modification à l'article 23 de la loi du 5 avril 1910 sur les retraites ouvrières. Proposition de loi tendant à ce qu'aucun payement ne soit exigé, ni aucun protêt ne soit dressé le lendemain des fêtes légales lorsqu'elles tomberont un mercredi ou un jeudi, présentée par M. G. Berry. Proposition de loi portant réglementation de la profession de chauffeur-mécanicien dans l'industrie, présentée par MM. Lauche, Lavaud, etc.

POINÇONNAGE PAR L'ÉTAT DES COMPTEURS DE GAZ, D'EAU ET D'ÉLECTRICITÉ. — Le *Bulletin municipal officiel* du 7 janvier 1913 donne, page 177, le texte du vœu du Conseil municipal de Paris disant qu'il n'y a pas lieu d'adopter le poinçonnage par l'État des compteurs de gaz, d'eau et d'électricité. Ce vœu a été adressé à la Chambre de Commerce et en outre à toutes les Chambres syndicales du département.

CONCOURS AGRICOLE. — M. le Président rend compte des démarches qui ont été faites à ce sujet.

M. le Secrétaire donne lecture d'une note sur les applications de l'électricité dans les fermes. Cette note sera revue et définitivement adoptée par le Bureau pour être distribuée à l'occasion du Concours avec les notices que les exposants voudront bien nous remettre.

POTEAUX ET SUPPORTS DE CANALISATIONS. — M. le Secrétaire général donne connaissance de la circulaire qui a été envoyée à tous les adhérents relativement à cette question.

RECRUTEMENT DES JEUNES SOLDATS DANS LES ÉQUIPAGES DE LA FLOTTE. — Une affiche a été, sur la demande du Ministère de la Marine, envoyée à toutes les usines adhérentes pour faire part des avantages matériels que les jeunes conscrits peuvent trouver dans les équipages de la flotte.

SOUS-COMMISSION DES ISOLATEURS. — M. le Secrétaire général donne lecture de la lettre du 22 janvier 1913 de M. Cotté.

M. Legouez, président du Syndicat professionnel des Industries électriques, présent à la séance, indique que la question pourra vraisemblablement être étudiée par une Commission intersyndicale. Il sera statué ultérieurement à ce sujet.

EXPOSITION DE GAND. — M. le Président rend compte que toutes les mesures ont été prises pour que la Chambre syndicale puisse participer à l'Exposition de Gand dans les conditions précédentes.

RELATIONS AVEC LES ASSOCIATIONS. — La notice demandée par la Chambre syndicale des Fabricants et Constructeurs de matériel pour chemins de fer pour insertion dans son *Annuaire* a été adressée.

La Chambre syndicale prend connaissance de la composition du Bureau de la Chambre de Commerce de Paris, de la Chambre syndicale des Entrepreneurs et Constructeurs électriciens, de l'Union commerciale de l'Électricité et de la Chambre syndicale des Constructeurs d'automobiles. La Chambre syndicale donne acte de ces communications.

FÉDÉRATION DES INDUSTRIELS ET DES COMMERÇANTS FRANÇAIS. — Il est donné connaissance du *Bulletin* de janvier 1913 de cette Fédération qui contient des indications sur la réglementation du travail, l'article 23 de la loi des retraites, etc.

BIBLIOGRAPHIE. — M. le Président dépose sur le bureau de la Chambre syndicale une brochure intitulée : *Les grands réseaux français de distribution d'énergie électrique*, conférence faite par M. Blondin au Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences tenu à Nîmes en 1912.

COMMUNICATIONS DIVERSES. — L'Office national du Commerce extérieur fait part de la mise en adjudication de l'établissement d'une usine centrale d'énergie électrique avec réseau de distribution à Valparaiso en septembre 1913.

Diverses notices relatives à la généralisation des emplois de l'électricité pendant le jour sont renvoyées à la Commission d'étude des questions nouvelles.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 15 février 1913.

Membres actifs.

MM.

BRISSET (Fernand), propriétaire, concessionnaire du secteur électrique de Doué-la-Fontaine (Maine-et-Loire), présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

Jaurand (Isodore), docteur en médecine, conseiller général, Airvault (Deux-Sèvres), présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

Rougé (G.), administrateur délégué de la Compagnie générale d'Énergie électrique, 47, rue Saint-André-des-Arts, Paris, présenté par MM. Eschwège et E. Fontaine.

Vidy (Marcel), maire de Villepreux (Seine-et-Oise), présenté par MM. R. Garnier et E. Fontaine.

Membres correspondants.

MM.

Barjou (Adrien), ingénieur électricien E. B. P., route Nationale, Carmaux (Tarn), présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

Marion (Eugène), ingénieur mécanicien électricien, 24, rue Lambrechts, Courbevoie (Seine), présenté par MM. Eschwège et E. Fontaine.

Pelletier (Alexis), conducteur électricien, 174, rue Saint-Jacques, Paris, présenté par MM. Eschwège et E. Fontaine.

Potès (Arthur), électricien, 134, rue d'Avron, Paris, présenté par MM. Aussoleil et E. Fontaine.

Richard (Georges), ingénieur aux fonderies de Sougland, Sougland par Saint-Michel (Aisne), présenté par MM. Pinard et Fontaine.

Bibliographie.

1° Collection complète des Bulletins de 1896 à 1907;

2° Loi du 9 avril 1898, modifiée par les lois des 22 mars 1902 et 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail;

3° Décrets portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 9 avril 1898;

4° Circulaire ministérielle du 24 mai 1911, relative aux secours à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs d'énergie électrique (affiche destinée à être apposée exclusivement à l'intérieur des usines et dans leurs dépendances);

5° Circulaire analogue à la précédente (affiche destinée à être apposée à l'extérieur des usines, à la porte des mairies, à l'intérieur des écoles et dans le voisinage des lignes à haute tension);

6° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray;

7° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs;

8° Rapport de la Commission des compteurs, présenté au nom de cette Commission par M. Rocher au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903;

9° Rapport de la Commission des compteurs relatif aux réponses des constructeurs de compteurs aux *desiderata* qui leur ont été soumis par la Commission;

10° Modèle type de bulletin de commande de compteurs;

11° Décret sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques;

12° Loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie, et les principaux décrets, arrêts et circulaires pour l'application de cette loi;

13° Modèle de police d'abonnement.

14° Calculs à fournir dans l'état de renseignements joint à une demande de traversée de voie ferrée par une canalisation électrique aérienne;

15° Guide juridique et administratif des entrepreneurs de distributions d'énergie électrique pour l'application de la loi du 15 juin 1906 et de ses annexes, par Ch. Sirey;

16° Instructions générales pour la fourniture et la réception des machines;

17° Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 2000 volts;

18° Communication de M. Zetter sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

19° Cahier des charges type pour le cas de concession par communes;

20° Instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques de la première catégorie dans les immeubles et leurs dépendances;

21° Instructions sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques (Arrêté de M. le Ministre du Travail du 19 août 1912).

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations, comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Recherches expérimentales et théoriques sur la commutation dans les dynamos à courant continu (*suite*) [1].

IV. Résultats des recherches sur le contact. — L'idée directrice de notre travail était d'une part de rechercher *expérimentalement la loi de variation de la tension de contact* ε *en fonction de la densité de courant* j, et, en particulier, de vérifier si cette loi peut être mise sous la forme *linéaire* classique

$$\varepsilon = a + b_0 j;$$

et, d'autre part, d'examiner comment s'achève la commutation quand on donne différentes valeurs à la self-induction et aux autres variables en jeu.

Nous avons utilisé concurremment deux types de balais très connus de la Société « Le Carbone »: l'un, électrographitique très cuit et très homogène, connu sous le nom de *balai Z*; l'autre, hétérogène et de grande résistance spécifique, appelé QS, employé fréquemment dans les dynamos à commutation difficile.

Au début de nos essais, nous ne possédions pas d'équipage bifilaire, et nous ne pouvions évidemment, à cause de la grande constante de temps et du peu de sensibilité des bobines à fil fin avec équipage à fer doux, obtenir qu'une indication grossière sur les tensions de passage ou de contact.

Notre système nous permettant d'effectuer des commutations sur résistance sans self, nous avons d'abord comparé les courbes de courant de section i *théoriques* et *expérimentales* se rapportant à ce cas.

Essais de commutation sans self-induction. — L'équation classique devient dans ce cas, par suppression de $\mathcal{L}\frac{di}{dt}$ et en posant $\frac{b_0}{\sigma} = \rho$,

$$Ri + \rho\frac{J+i}{1-x} - \rho\frac{J-i}{x} = 0,$$

d'où, en désignant par μ le rapport $\frac{R}{\rho}$ de la résistance de la section à la partie utile de la résistance de contact,

$$i = J\frac{\frac{1}{x} - \frac{1}{1-x}}{\mu + \frac{1}{x} + \frac{1}{1-x}}. \tag{6}$$

Cette relation représente une courbe (les quatre courbes de la figure 16 correspondent aux quatre valeurs de μ; 0, 1, 4 et 10) symétrique par rapport au point $x = \frac{1}{2}$, $i = 0$.

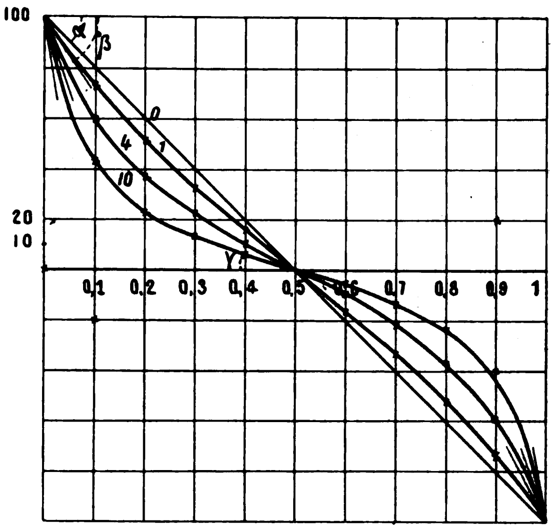


Fig. 16. — Diagrammes de commutation sans self : rôle de la résistance de la section.

Les coefficients angulaires des tangentes au point $x = 0$ et $x = 1$, d'une part, et de la tangente d'inflexion au centre d'autre part, sont donnés par les relations, en faisant abstraction des signes,

$$\tan\beta = 2J\left(1 + \frac{\mu}{2}\right) = \left(1 + \frac{\mu}{2}\right)\tan\alpha,$$

$$\tan\gamma = \frac{2J}{1 + \frac{\mu}{4}} = \frac{1}{1 + \frac{\mu}{4}}\tan\alpha.$$

La densité de courant j_0 à l'origine ou à la fin de la commutation est à la densité moyenne j_m dans le rapport $\frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$; on a

$$j_0 = j_m\frac{\tan\beta}{\tan\alpha} = \left(1 + \frac{\mu}{2}\right)j_m.$$

La résistance de la section R agit donc en accélérant la commutation pendant la première moitié du temps et en la retardant dans la deuxième moitié, et par suite, en augmentant la densité de courant au début et à la fin de la commutation.

Pour $\mu = 10$, on a $j_0 = 6\,j_m$.

Théoriquement, on peut déduire des courbes relevées à l'oscillographe, d'après l'un ou l'autre des rapports $\frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$ et $\frac{\tan\gamma}{\tan\alpha}$, la valeur de μ et par suite celle de ρ et

---

[1] A. Mauduit. Communication faite à la séance du 4 décembre de la Société internationale des Électriciens. Voir *La Revue électrique* du 7 février, p. 117-123 et du 21 février, p. 158-164.

de b_0 : en pratique, bien qu'on arrive à des courbes d'oscillographes assez régulières et dénotant de bons contacts, telle que celle de la figure 11, par exemple, cette façon de procéder ne donne que des résultats absolument grossiers.

Elle nous a permis toutefois de nous rendre compte que la loi $a + b_0 j$ n'était pas réalisée, mais que b_0 au lieu de rester constant, diminuait pour les valeurs croissantes de j. Ceci nous a été également confirmé par les essais de coupure par commutateur tournant que nous avons exécutés, sensiblement d'après la méthode d'Arnold et La Cour, essais que nous laisserons de côté ici pour insister plus spécialement sur la commutation normale avec self-induction.

Commutation avec self-induction. — Signalons d'abord les clichés très typiques 13 et 14 (*fig.* 17) obtenus dès le début.

Les deux clichés correspondent aux mêmes conditions, sauf la résistance de la section, qui est un peu plus que doublée dans le cliché 14 : la pression non mesurée est assez forte et le balai touche bien.

La courbe du courant i peut se décomposer en trois parties : 1° dans la première O α, la densité de courant n'étant pas très différente sous les deux lames, et la valeur de la résistance de contact utile étant, comme nous l'avons vu plus haut, très petite, on peut négliger dans une première approximation la différeence $e_1 - e_2$ et écrire que le courant varie dans la section suivant la loi exponentielle

$$i = J e^{-\frac{t}{\tau}} = J e^{-\frac{T}{\tau} x},$$

où τ désigne la *constante de temps* $\frac{\mathcal{L}}{R}$ de la section.

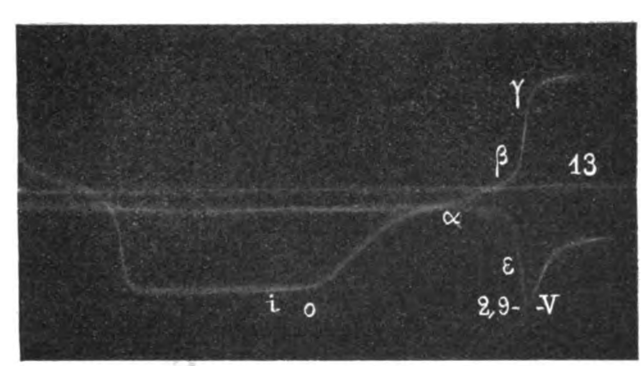
Le coefficient angulaire de la tangente à l'origine de la commutation a pour valeur, au signe près,

$$\tang \beta = J \frac{T}{\tau} = \frac{T}{2\tau} \tang \alpha ;$$

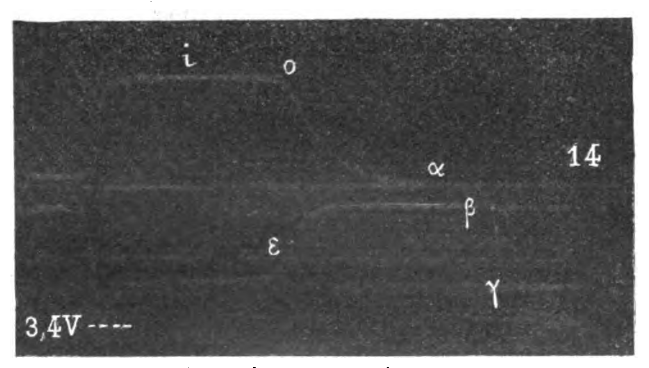
le coefficient angulaire de la tangente à la courbe au début est en rapport inverse de la constante de temps.

On voit nettement sur la figure 17 que la courbe descend beaucoup plus vite dans le cliché 14 où la résistance est double.

Dans le cliché 13, la courbe marquée ε représente la tension de contact entre la lame avant et le balai, tandis que dans le cliché 14, la même courbe correspond à la tension entre la lame arrière et le balai; il faut, pour avoir la tension entre lame avant et balai, se reporter à la commutation précédente dont la fin est seule visible sur le cliché 14. En effet, la tension relevée à l'oscillographe est prise entre une lame donnée (paire ou impaire) et le balai, et cette lame est alternativement avant et arrière dans les commutations successives.



$R = 104$ m Ω; $\tau = 3{,}05$ m : s.



$R = 216$ m Ω; $\tau = 1{,}47$ m : s.
Balai Z +; $8{,}5 \times 21{,}5 = 183$ mm²; vit. 420 t : m; $2J = 22$ ampères; $\mathcal{L} = 317$ μH; petites étincelles.
Fig. 17. — Rôle de la résistance de la section.

2° On rencontre ensuite, dans la courbe i, un arrondi $\alpha\beta$, qui correspond à l'action normale de la résistance de contact, par suite de la grande augmentation de densité de courant dans la lame 1. On constate d'ailleurs que, cette action étant d'autant plus grande que le rapport $u = \frac{R}{e}$ est plus faible, la variation de courant $\alpha\beta$ est plus grande dans le cliché 13 que dans le cliché 14 et, bien que l'exponentielle soit descendue moins bas dans le cliché 13, le point β correspond à peu près au même courant par suite de l'action plus importante de la résistance de contact.

On voit aussi sur la courbe ε que la tension entre la lame arrière et le balai varie très peu au début et augmente nettement pendant cette période $\alpha\beta$.

3° La courbe se termine par une descente brusque $\beta\gamma$, terminée par un arrondi, qui d'ailleurs peut tenir à un excès d'amortissement de l'oscillographe, et que nous laisserons de côté pour le moment. A la descente brusque, c'est-à-dire à la diminution brusque du courant $J + i = i_1$, correspond une augmentation rapide de la d. d. p. de contact ε, sensiblement linéaire aussi : la résistance de contact, définie par le quotient $\frac{\varepsilon}{i_1}$, augmente donc sensiblement comme le carré du temps ou du courant i_1 et, comme la surface diminue seulement proportionnellement au temps, *nous serions donc là en présence de la fameuse augmentation rapide (ici linéaire) de la résistance spécifique de contact, en fin de commutation, au voisinage de l'étincelle* (qui pourrait de son côté correspondre à l'arrondi final), augmentation tant de fois invoquée par Arnold et son école pour expliquer la fin de la commutation.

Hypnotisé nous-même par cette idée, nous avons longtemps cherché à nous imaginer par quel processus physique pouvait se réaliser cette augmentation de résistance au voisinage de l'étincelle, alors que logiquement on est conduit à penser que si le contact s'augmente d'étincelles en parallèle avec les chemins normaux du courant, la résistance apparente correspondante ne peut que diminuer et non s'accroître.

Nous n'avons trouvé l'explication, d'ailleurs fort simple, que plus tard, au courant d'autres séries d'essais : β *correspond à l'étincelle elle-même : le temps T se termine en* β. Il n'y a rien d'étonnant alors à ce fait que le quotient $\frac{\varepsilon}{i_1}$ augmente rapidement puisque l'étincelle s'allonge d'une part, et que, d'autre part, la résistance d'une étincelle, comme celle d'un arc, s'accroît quand le courant diminue.

La tension de réactance est ici

$$\varepsilon_r = \frac{22 \times 0,317}{9} = 0,78 \text{ volt}$$

avec une densité de courant élevée, soit 12 A : cm².

Bien que ε_r ou 0,78 volt soit plus petit que la chute ohmique au balai d'après les évaluations ordinaires, il y a des étincelles déjà très visibles.

Notons encore que les étincelles étaient sensiblement les mêmes, dans les deux cas, mais que la d. d. p. à la coupure finale était un peu augmentée par l'accroissement de résistance, 3,4 volts au lieu de 2,3 volts.

REMARQUE. — Il ne faut pas attacher d'importance au fait que la tension ε ne revient que lentement à sa valeur après la pointe : cela tient à ce que la bobine à fil fin employée avait une constante de temps notable, environ $\frac{3}{4}$ milliseconde, et ne pouvait donner une représentation exacte d'un phénomène aussi rapide.

Essais de commutation avec balai QS_4. — Après avoir mis au point nos méthodes de rodage, notre porte-balai spécial et notre oscillographe mixte, nous avons opéré avec un balai dur, type QS_4 du « Carbone », à une vitesse, de 550 t : m de notre commutateur tournant.

Les figures 18 et 19 se rapportent à la commutation avec différentes valeurs de la self-induction et de la résistance de la section, sous un balai QS_4 négatif, de dimensions 5,5 × 19 mm², soit une section d'environ 1,05 cm². Le courant total 2 J était égal à 6,3 ampères, ce qui fait une densité de courant de 6 A : cm², soit le double de la densité indiquée par le fournisseur. La durée théorique de commutation, pour une vitesse de 550 t : m, est donnée d'après la longueur du balai, 19 mm, de l'isolant, 0,7 mm et du pas des lames 23,1 mm, le collecteur comprenant 12 lames (en millièmes de seconde *ms*), par

$$T = \frac{19 - 0,7}{23,1} \frac{60000}{12 \times 550} = 0,793 \times 9,02 = 7,15 \text{ ms.}$$

(La durée courante dans les dynamos est de l'ordre de grandeur du millième de seconde, mais elle est souvent plus grande dans les dynamos lentes.)

Le balai utilisé avait été soigneusement rodé, puis usagé dans des essais antérieurs, mais il ne comportait aucune partie piquée ou mate; la pression était d'environ 300 g : cm².

Dans la figure 18, la self-induction va en augmentant dans l'ordre de disposition des clichés. Le cliché 168, est un cliché de référence, avec self-induction nulle. Le balai semble toucher un peu mieux à l'entrée qu'à la sortie. La courbe de tension est notablement plus régulière dans la portion droite que dans la portion gauche : le palier $\alpha\beta$ correspond à une tension de passage de

$$7 \times 0,82 = 0,58 \text{ volt,}$$

pour une densité de 6 A : cm²; c'est une valeur beaucoup plus faible que ce qu'on admet généralement.

Dans le cliché, 171 la self-induction est 120 μH, la constante de temps 1,03 ms, les courbes se régularisent sans s'éloigner beaucoup de la forme précédente. Toutefois la partie finale de la courbe de courant correspond à une coupure brusque, coupure qui sera beaucoup plus nette dans les clichés suivants. Il y a une pointe de tension de 2 volts environ, et l'on ne voit aucune étincelle.

Au cliché 169, pour $\mathcal{L} = 340 \mu$H et $\tau = 2,30$ ms, les formes deviennent très régulières, le courant décroît beaucoup plus lentement au début et la coupure brusque de la fin est indiscutable; là, comme dans le cliché suivant 172, la coupure α porte sur un courant plus faible que la coupure β; aussi la pointe de tension est-elle plus petite pour la première que pour la seconde.

Dans le cliché 169, des étincelles apparaissent, mais extrêmement petites, la tension de pointe atteint sensiblement 4 volts en β; ces étincelles sont plus nettes en 172 avec une pointe de 6,15 volts; elles sont fortes et blanches, au cliché 174, avec pointe de 8,15 volts; encore plus grosses au cliché 175 de la figure 19, avec une tension de pointe de 12 volts.

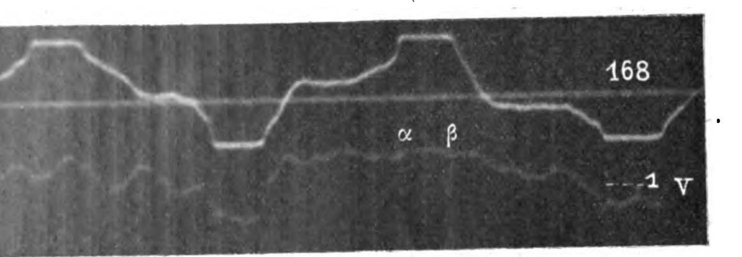
L'ensemble de ces clichés montre qu'on retrouve, cette fois avec une pression et une densité non exagérées, les résultats de premiers clichés, savoir 13 et 14 (*fig.* 17); seulement ici la résistance de contact se fait un peu plus sentir, surtout pour les faibles self-inductions, et l'équipage bifilaire permet d'apprécier plus exactement la loi suivie par la d. d. p. de contact.

On peut ainsi faire les remarques suivantes :

Le courant i diminue d'abord suivant une loi plus ou moins voisine d'une exponentielle, et la tangente à la courbe au point initial de la commutation s'écarte d'autant plus de la verticale que la constante de temps τ est plus grande.

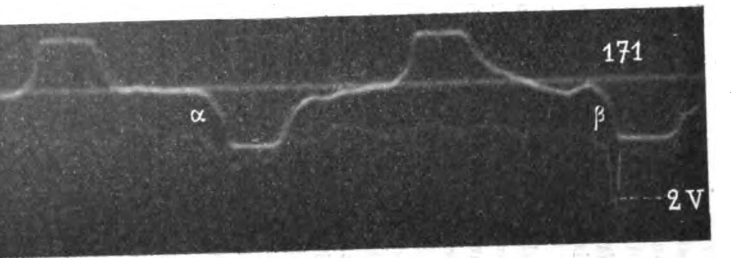
La courbe devient ensuite concave vers le point final sous le jeu des différences de potentiel de contact, la tension de contact de la lame avant, qui variait peu jusqu'à ce moment, augmente alors progressivement.

A un moment donné (aux points α et β), la courbe de i présente un point anguleux plus ou moins marqué et descend ensuite très vivement, presque verticalement. La tension ε_1 correspondante s'élève alors très rapidement, suivant une droite très peu inclinée sur la verticale, présente un maximum très pointu et redescend jusqu'à la valeur $\varepsilon_m + RJ$, tantôt linéairement, tantôt avec un arrondi notable à la fin, comme sur les clichés 174 et 175 et un peu déjà dans 172. De son côté, la descente rapide

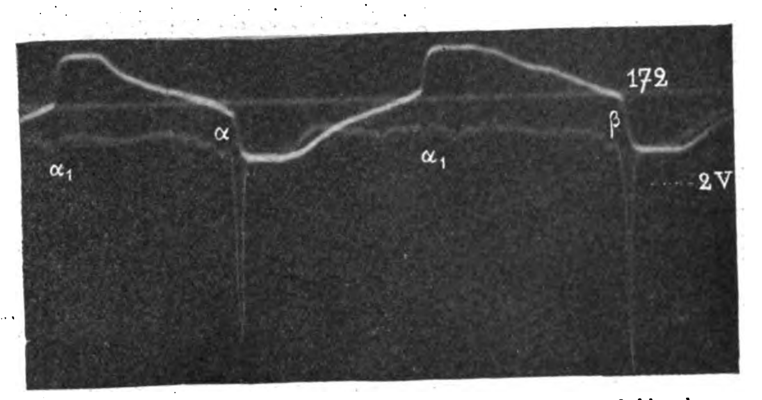


$R = 197$ mΩ; $\mathcal{L} = 0$; $\tau = 0$; pas d'étincelles.

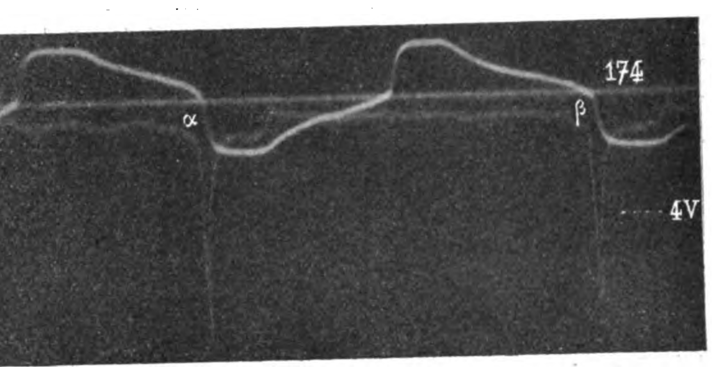
$R = 147$ mΩ; $\mathcal{L} = 340$ μH; $\tau = 2,30$ ms; très petites étincelles.



$R = 116$ mΩ; $\mathcal{L} = 130$ μH; $\tau = 1,03$ ms; pas d'étincelles.



$R = 167$ mΩ; $\mathcal{L} = 515$ μH; $\tau = 3,08$ ms; étincelles (1) q. q. f. blanches.



$R = 210$ mΩ; $\mathcal{L} = 895$ μH; $\tau = 4,27$ ms; fortes étincelles blanches (3)

Balai QS_4 — de $5,5 \times 19$ mm²; bob. 6 ampères; vit. 550 t : m; $2J = 6,3$ ampères; $\tau = 7,15$ ms.

Fig. 18. — Commutation avec selfs croissantes.

de la courbe du courant se termine, à partir du cliché 172 par un arrondi dont l'importance va en grandissant avec celle du même arrondi dans la courbe de tension.

Comme nous l'avons déjà indiqué, la descente brusque de la courbe correspond à l'étincelle en fin de commutation. Bien que rien ne l'indique d'une façon absolue, puisqu'on n'a pas de repère de l'instant mathématique où la lame quitte le balai, nous estimons cependant que c'est là un fait indiscutable, et nous avons vu beaucoup plus clair dans les résultats de nos recherches à partir du moment où nous avons acquis cette conviction.

Un pareil repère serait d'ailleurs illusoire, car le contact vrai se rompt souvent avant cet instant, à cause des irrégularités de tout ordre des lames et des balais, comme le montrent certains oscillogrammes de Jordan correctement interprétés.

Étant donné le peu de précision des clichés et l'allure presque verticale du courant i de la tension ε dans cette partie de la courbe, il est difficile de reconnaître quels sont les points de ces deux droites qui se correspondent.

Des essais à très faible vitesse exécutés plus tard ont montré que le commencement de la montée rapide de tension correspond bien au commencement de la descente brusque du courant, c'est-à-dire au début de la coupure par étincelle et la pointe de cette tension à la fin de la coupure ou au commencement de l'arrondi final quand il existe.

Fig. 19. — $R = 245$ mΩ; $\mathcal{L} = 1340$ μH; $\tau = 5,5$ ms; très fortes étincelles blanches; $\gamma\delta$, courant dans une dérivation.

Ce point acquis, en observant attentivement la tension ε_1 au voisinage de la coupure, on constate que sa *valeur est sensiblement la même sur tous les clichés, au point où commence la montée brusque* de tension, par suite de la coupure : elle varie de 1,1 à 1,35 volt. Ce résultat, qui se vérifiera nettement sur beaucoup d'observations, est des plus importants, il nous paraît expliquer clairement un grand nombre de propriétés du contact jusqu'ici en désaccord avec la théorie.

La loi qui relie la d. d. p. de contact à la densité de courant n'a aucune des formes admises généralement : *Quand la densité de courant augmente indéfiniment, la tension de contact tend vers une limite*, qui est la valeur relevée sur les clichés, au point initial de la coupure; cette valeur n'est évidemment connue qu'avec une assez grossière approximation, vu le peu de précision des mesures oscillographiques, mais elle correspond à un point assez nettement défini, par la brusque variation de courbure qui s'y produit; la forme de l'augmentation de la tension dans la période qui précède la coupure et la constance approximative de la tension limite, en tenant compte des échelles, sont très frappantes sur l'ensemble des clichés de la figure 18.

On aperçoit immédiatement les conséquences très importantes qui découlent de cette loi et sur lesquelles il nous paraît intéressant d'insister un peu.

1° L'équation fondamentale d'Arnold, basée sur la loi $\varepsilon = a + b_0 j$, avec a nul ou non, est complètement inutilisable pour étudier la période finale de la commutation : b_0 ne peut, en effet, être pris constant, car il diminue quand j augmente, comme nous l'avions d'ailleurs constaté dans nos mesures grossières des premières séries.

2° Le fait que la d. d. p. devenait théoriquement infinie en même temps que la densité de courant (conséquence de la loi ci-dessus), fait qui conduisait à des courbes de courant passant nécessairement par le point $x = 1$, $i = -J$, avec des tangentes, verticales pour $\frac{\rho T}{\mathcal{L}} < 1$, et plus ou moins inclinées, pour $\frac{\rho T}{\mathcal{L}} > 1$, ne subsistant plus, la courbe de courant ne passe plus forcément par le point en question, mais peut couper la verticale de ce point en un endroit quelconque, d'après les constantes de la section.

Cette intersection est le point anguleux de la courbe et l'on voit sur les clichés de la figure 18 que le courant i_0 dans la lame ainsi coupé brusquement, représenté par l'ordonnée de ce point anguleux par rapport au palier extrême de la courbe, augmente avec la self-induction de la section; il est en moyenne égal à J dans le cliché 174 et un peu plus grand dans le cliché 175.

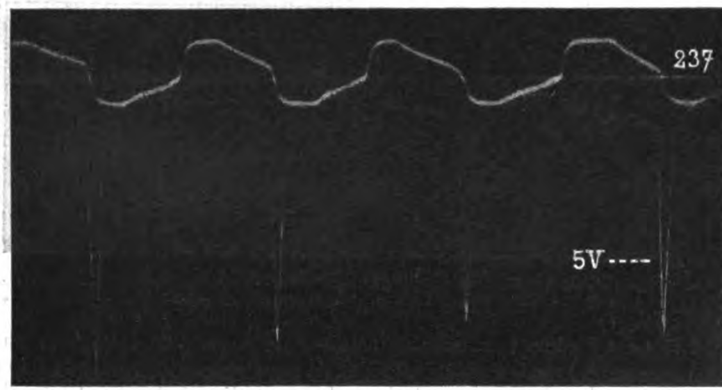
3° L'insuccès des tentatives d'amélioration de la commutation par l'emploi de balais taillés en biseau ou en pointe, le peu d'importance des irrégularités de l'arête de coupure du bloc (contrairement aux remarques de M. Latour), la nécessité d'adopter des densités de courant très modérées, malgré que cela conduise à des chutes ohmiques moyennes ε_b, plus faibles, etc., découlent nettement de cette loi du contact : en effet, la différence des tensions $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$, qui est l'élément par lequel intervient la résistance de contact pour réaliser la commutation sans f. e. m. auxiliaire, est d'autant plus faible que les densités de courant sont plus élevées, et tend vers une limite utile très petite (d'autant plus petite que ε_m est plus grand, ε_2 tendant vers ε_m et ε_1 vers la tension de coupure ε_0 de valeur constante il n'y a donc pas d'intérêt à accroître exagérément la densité de courant dans le but d'augmenter la différence $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$, mais il faut, au contraire, partir d'une densité moyenne faible avec un ε_m

petit, afin de laisser acquérir à l'écart maximum $\varepsilon_0 - \varepsilon_m$ la plus grande valeur possible.

Revenons maintenant à l'étude de la figure 18.



Vit. 530 t : m; petites étincelles ($\frac{1}{2}$ à 1).



Vit. 1040 t : m; petites étincelles (1).
Balai QS_4 —; $2J = 3{,}6$ ampères; balai sali de poussière de cuivre.
Fig. 20. — Rôle de la durée de commutation.



Balai QS_4 —; $5{,}5 \times 19$ mm²; pr. 600 g : cm² (?); vit. 455 t : m; $2J = 6$ ampères; $R = 197$ mΩ; $\mathcal{L} = 35$ μH (négligeable).
Fig. 21. — Vibrations importantes.

Pour la très faible self du cliché **171** ($\mathcal{L} = 102$ μH, tension de réactance $\varepsilon_r = \frac{2\mathcal{L}J}{T} = 0{,}106$ volt), le retard du courant occasionné par cette self-induction est facilement combattu par le jeu des d. d. p. de contact, toutefois pas complètement, et lorsque la tension ε_0 arrive à la valeur limite ε_1 signalée plus haut, il reste encore un courant i_0 appréciable dans la lame, courant qui est coupé brusquement. Ce n'est pas très marqué sur la figure, et l'on pourrait attribuer l'augmentation finale de la tension ε_1 à un phénomène de contact, si ce cliché était seul; mais la comparaison avec le cliché suivant **169** où la coupure est indiscutable et où l'échelle des tensions est la même, avec des valeurs de la tension de coupure (ou tension limite) ε_0 bien concordantes, montre qu'il s'agit déjà d'une petite coupure dans le cliché **171**.

Il en résulte donc que le rôle des tensions de contact (pour une densité moyenne double de la normale, mais non exagérée 6 A : cm²) est bien peu important, puisque la résistance de contact n'arrive pas à assurer la commutation avec une tension de réactance d'un dixième de volt, sans coupure finale. D'autre part, cette coupure n'entraîne pas d'étincelle visible, parce qu'elle porte sur une quantité d'énergie très faible et que, comme cela se confirmera plus tard, les balais QS_4 semblent jouir de propriétés *anti-arcs* remarquables.

Les étincelles sont nettes quoique très petites au cliché **169**, avec une tension de réactance de 0,3 volt (on les accepterait sans protestation dans une dynamo), mais l'oscillogramme **172** correspond déjà à des étincelles dépassant la limite de ce qu'on peut appeler une commutation parfaite pratiquement : la tension de réactance est de 0,53 volt. La coupure du courant dure pendant tout le passage de l'isolant, c'est-à-dire pendant un temps t_0 défini par la relation

$$t_0 = \frac{0{,}7}{23{,}1}\,\frac{60\,000}{530 \times 12} = 0{,}275 \text{ ms environ.}$$

On aperçoit même un léger arrondi à la fin de la coupure, tant sur la courbe de courant que sur celle de tension : les tracés oscillographiques étant grossiers et l'amortissement des équipages variable avec la température, on ne peut tirer aucune conclusion bien certaine de l'existence de cet arrondi.

Mais il n'en est plus de même sur les clichés **174** et **175**, où les deux arrondis (courant et tension) deviennent notables, en même temps que l'aspect des étincelles change complètement; elles apparaissent blanches et lumineuses, au lieu de rester grêles comme auparavant.

Il se passe le phénomène suivant : la self-induction étant devenue importante, et le courant i_0 plus grand, l'étincelle n'est pas terminée quand, après le temps t_0 de passage de l'isolant, la lame **2** commence à sortir du balai, se présentant ainsi sur le trajet de l'étincelle, *qui s'y raccroche;* l'étincelle continue sous forme d'un petit arc

entre lames; comme cet arc ne s'allonge plus, il s'éteint beaucoup plus lentement, ce qui donne une forme arrondie aux courbes de courant et de tension, $\mathcal{L}\frac{di}{dt}$, étant beaucoup plus petit et diminuant progressivement.

Rencontrant ces formes de courbes au début de nos recherches, nous avons pendant longtemps considéré l'arrondi final comme l'étincelle et la variation rapide précédente du courant, comme le phénomène mystérieux de contact déjà signalé; c'est en examinant avec soin le collecteur et en y relevant des traces sur le mica d'une étincelle de lame à lame que nous avons saisi l'allure vraie du phénomène devenu alors aussi clair comme conception qu'il était incompréhensible auparavant.

Ces essais montrent en passant que la tension de réactance ne conduit à aucun criterium sérieux de la commutation : les étincelles, cotées 4 sur 10, du cliché 175 correspondent à une tension de réactance égale à 1,28 volt!

Energie et puissance dans l'étincelle. — Sans entrer dans le détail des calculs, disons seulement ici que la puissance moyenne mise en jeu dans l'étincelle peut se déduire des clichés, d'après des formules simples : elle n'est pas en rapport *direct* avec l'énergie emmagasinée dans la self-induction, et correspond, dans nos expériences, à une valeur beaucoup plus faible que celle qui a été admise par Arnold et La Cour : cliché 172 (petites étincelles), 3,5 watts pour un balai de 5,5 mm de largeur, soit 6,4 watts : cm, au lieu de 50 watts! La puissance moyenne emmagasinée dans la self pendant ce temps était 8,90 watts.

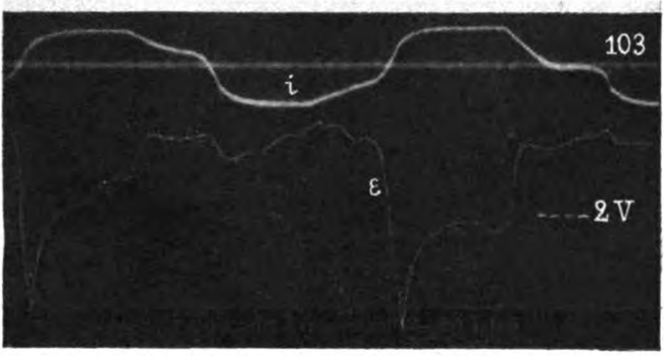
Rôle de la durée de commutation. — Les essais des figures 18 et 19 correspondent à une faible vitesse périphérique, mais les phénomènes sont les mêmes aux vitesses normales, comme nous l'avons vérifié.

Les oscillogrammes 236 et 237 de la figure 20 correspondent à deux vitesses dans le rapport 1 à 2. Le temps T étant deux fois plus petit dans le cliché 237, la coupure brusque commence sensiblement au milieu de la descente exponentielle du cliché 236 : la limite de la tension de contact est bien nette sur le cliché 237.

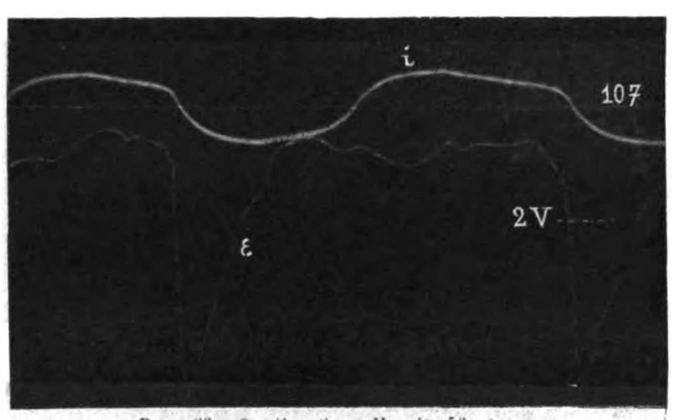
Remarques diverses. — Dans le cas d'un balai un peu trop serré dans sa glissière, les vibrations dues aux paliers à billes peuvent donner des variations considérables du courant et de la tension : le cliché 262 de la figure 21 en est un exemple remarquable.

Les clichés 103 et 107 de la figure 22 (pris avec balai Z —) montrent la nécessité de l'emploi des selfs dans les dérivations, étant faits eux-mêmes sans ces selfs. En particulier, dans le cliché 107, avec une self-induction énorme, la coupure à peine commencée se fond en un arrondi considérable, et la tension ε redescend lentement à sa valeur normale.

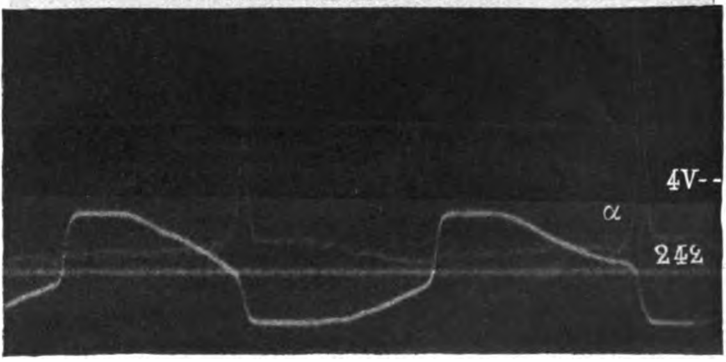
Au moment où le balai quitte la lame 1, avec ou sans étincelle, par suite de la présence d'une self seulement dans la dérivation qui comprend la section, le courant J_1 dans cette dérivation est beaucoup plus petit que J, tandis que le courant J_2 qui passe directement à la lame est plus grand que J. La commutation en est fortement



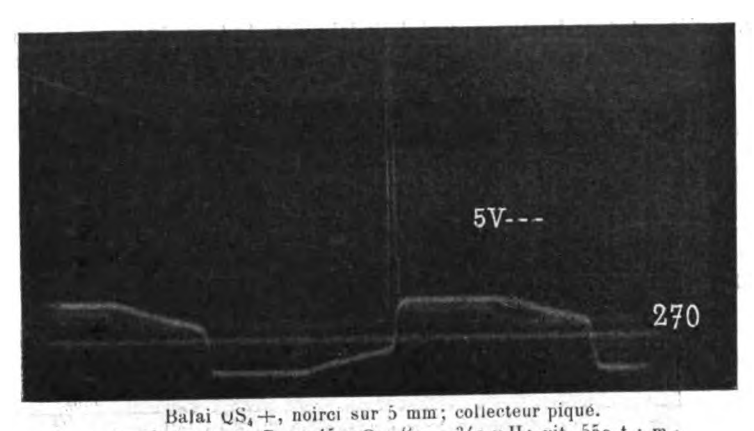
$R = 100$ mΩ ; $\mathcal{L} = 320$ μH ; vit. 575 t : m.



$R = 163$ mΩ ; $\mathcal{L} = 870$ μH ; vit. 530 t : m.
Balai Z — : 5,7 × 21 mm^2 ; pr. 300 g : cm^2 ; bob. 10 ampères ;
$2J = 9,5$ ampères ; pas d'étincelles apparentes.
Fig. 22. — Commutation sans bobines de self dans les dérivations.

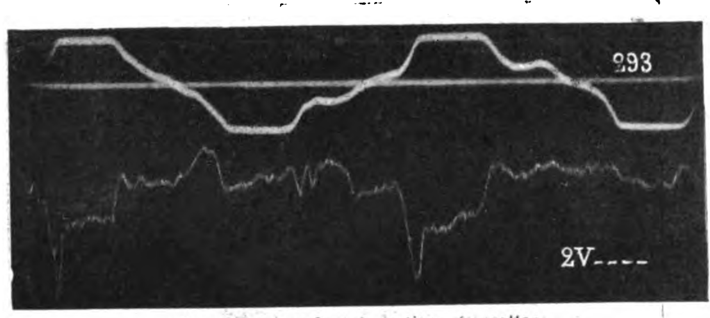


$R = 245$ mΩ ; $\mathcal{L} = 1340$ μH ; vit. 495 t : m ; balai QS$_1$ -+ ;
pr. 320 g : cm^2 ; $2J = 6,2$ ampères.
Fig. 23. — Etincelles d'abord importantes (4), s'abaissant ensuite à (1).

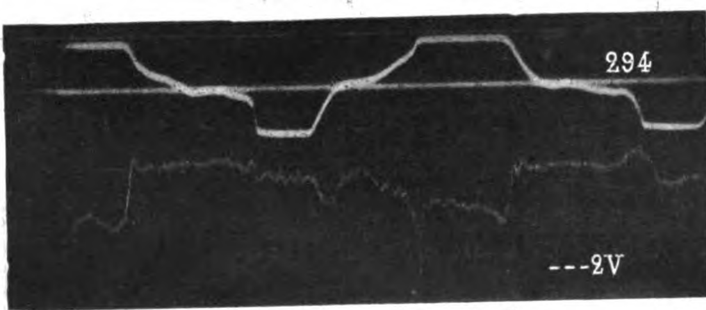


Balai QS_4+, noirci sur 5 mm; collecteur piqué.
$2J = 4$ ampères; $R = 245\ m\Omega$; $\mathcal{L} = 1340\ \mu H$; vit. 550 t : m.

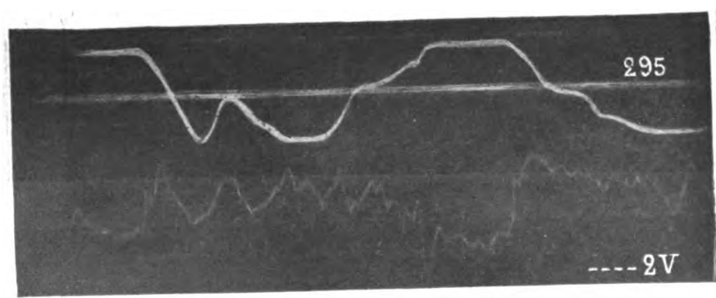
Fig. 24. — Commutation raccourcie : étincelles rentrées sous le balai.



Pr. 290 g : cm²; très petites étincelles.



Pr. 600 g : cm²; très petites étincelles.



Pr. 100 g : cm²; pas d'étincelles.
Balai Z — ; $2J = 10,6$ ampères; $R = 85\ m\Omega$; $\mathcal{L} = 147\ \mu H$: vit. 490-530 t : m.

Fig. 25. — Étude du rôle de la pression moyenne.

facilitée, car le courant coupé $J_1 + i$ en est très réduit (en fait, on ne voyait pas d'étincelles dans le cas du cliché 107, mais il se peut que le balai ait médiocrement touché à la sortie).

A partir du moment où le balai ne touche plus que la lame 2, les courants s'égalisent lentement dans les deux dérivations qui se terminent au point G_2 de la figure 9; la self-induction est si forte dans le cliché 107 que l'égalisation n'est pas encore terminée quand commence la commutation suivante.

Ayant pour but ici de montrer l'intérêt que présente, pour l'étude des balais de charbon, notre système de commutation artificielle, nous indiquerons seulement rapidement les résultats obtenus pour d'autres polarités et d'autres types de balais.

Balais **QS_4 +.** — Les balais QS_4 négatifs et positifs, se comportent sensiblement de la même façon pour des commutations convenables, mais conduisent à des phénomènes absolument différents, dès que les étincelles deviennent notables :

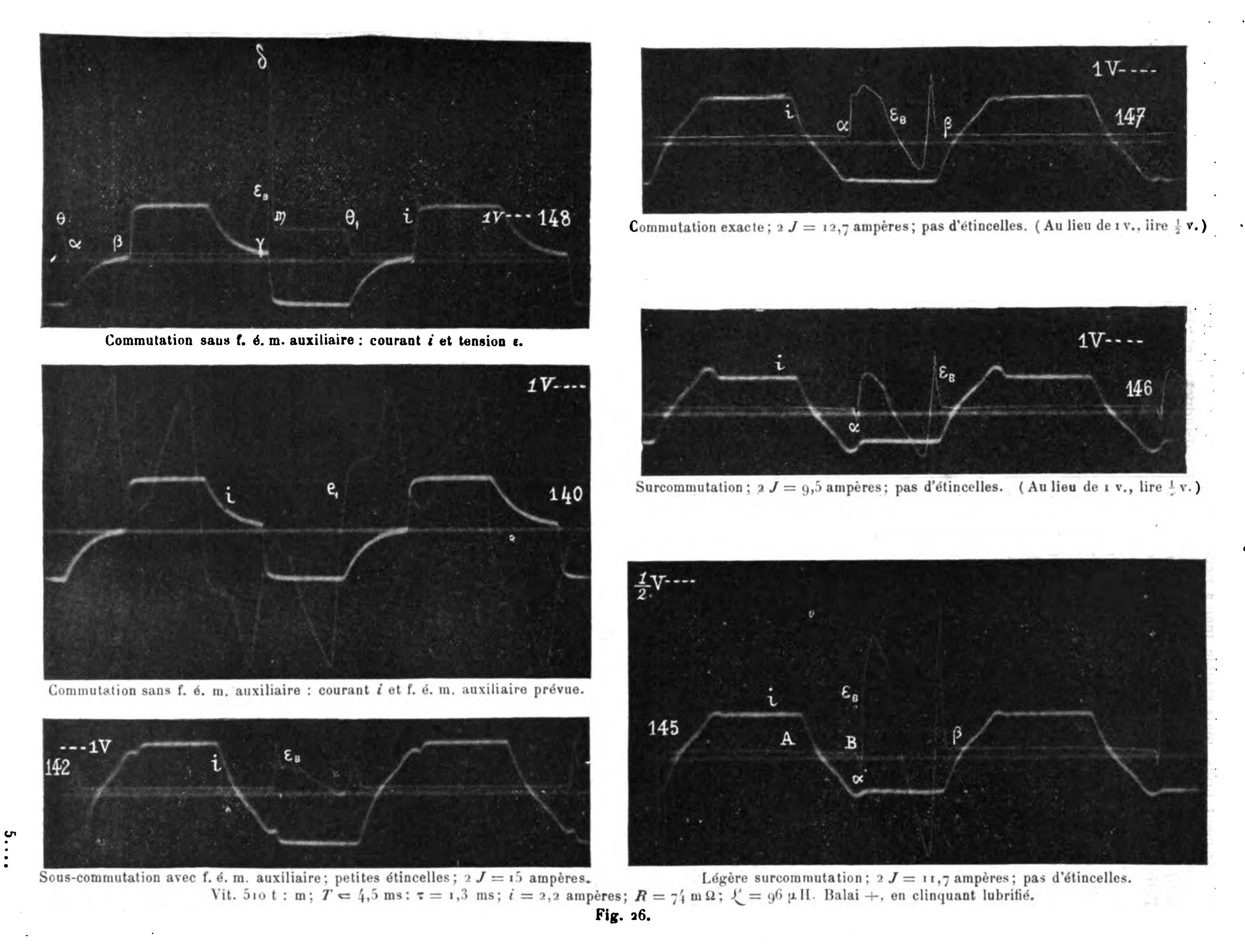
Dans le charbon QS_4, ***employé comme négatif, la coupure s'allonge et se continue entre lames, les étincelles devenant blanches et éclatantes.***

Dans le charbon QS_4, ***employé comme positif, la coupure reste courte, les étincelles se dissimulent sous le balai, qui se pique en même temps que le collecteur.***

C'est ce qui se passe dans le cliché 242 de la figure 23, analogue au cliché 175 de la figure 19; les étincelles cotées (4) au début, retombent rapidement à la valeur (1).

On voit nettement sur le cliché 270 de la figure 24 que la durée de commutation est notablement raccourcie : elle correspond à un balai de 20 mm, mat sur 5 mm.

Ce phénomène de noircissement du bloc, *caractéristique* des balais positifs ou cathodes, se produit dans les dynamos, et on le voit, dans la figure 13, présenté par un bloc Z (avec son porte-balai ayant servi à des essais sur dynamo qui seront décrits plus loin); il est, à notre avis, l'explication du fait souvent signalé que la commutation dans une dynamo médiocre paraît toujours plus mauvaise sous les balais négatifs, et montre que ce fait n'est qu'une apparence : l'étincelle *se dissimule sous les balais positifs*, alors qu'elle *s'allonge et s'amplifie sous les balais négatifs*. D'autre part, l'étincelle dissimulée du balai positif est, au contraire, la plus dangereuse pour le collecteur; car, jaillissant entre la lame anode et le charbon cathode, elle attaque plus profondément la lame (en la brûlant ou l'oxydant); tandis que l'étincelle des balais négatifs laisse une traînée rougeâtre sur le bord extérieur du



Commutation sans f. é. m. auxiliaire : courant *i* et tension ε.

Commutation sans f. é. m. auxiliaire : courant *i* et f. é. m. auxiliaire prévue.

Sous-commutation avec f. é. m. auxiliaire; petites étincelles; $2J = 15$ ampères.

Commutation exacte; $2J = 12,7$ ampères; pas d'étincelles. (Au lieu de 1 v., lire $\frac{1}{2}$ v.)

Surcommutation; $2J = 9,5$ ampères; pas d'étincelles. (Au lieu de 1 v., lire $\frac{1}{2}$ v.)

Légère surcommutation; $2J = 11,7$ ampères; pas d'étincelles.

Vit. 510 t : m; $T = 4,5$ ms; $\tau = 1,3$ ms; $i = 2,2$ ampères; $R = 74$ mΩ; $\mathcal{L} = 96$ μH. Balai +, en clinquant lubrifié.

Fig. 26.

bloc légèrement brûlé, mais semble moins nocive pour la lame de collecteur.

Balai Z (— et +). — Le phénomène d'allongement de l'étincelle observée pour le balai QS_4 — semble être une propriété particulière de ce type de balai, et ne se reproduit pas avec le balai Z —; le phénomène de rentrée des étincelles sous le balai se produit, par contre, de la même façon sous des balais positifs, QS_4 ou Z.

Pour tous les balais se manifeste nettement l'allure de la loi des contacts; tension de contact tendant vers une limite assez bien définie, quand la densité du courant augmente.

Nous estimons qu'il y aurait lieu de reprendre ces essais, d'ailleurs fort longs et pénibles, et de chercher à différencier les propriétés des divers types de balais, comme nous l'avons fait pour deux types seulement, les types QS_4 et Z.

L'emploi du porte-balai à glissière se prête mal à l'étude de la pression, parce qu'on ne connaît pas la répartition exacte de la pression aux divers points du balai. Les contacts ne sont réguliers qu'aux fortes pressions (300 g : cm² environ) et aux grandes densités de courant.

La figure 25 donne trois clichés à des pressions très différentes : 100 g : cm², le contact est très mauvais; 290 et 600 g : cm², contacts convenables.

Commutation artificielle avec f. é. m. auxiliaire. — Le dispositif (*fig.* 27) est constitué par une bobine *l*

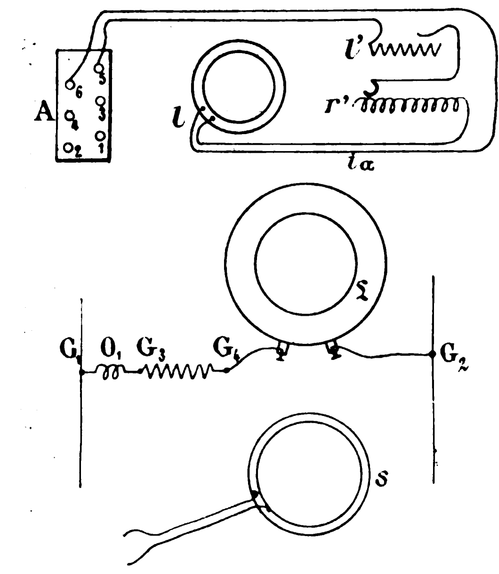
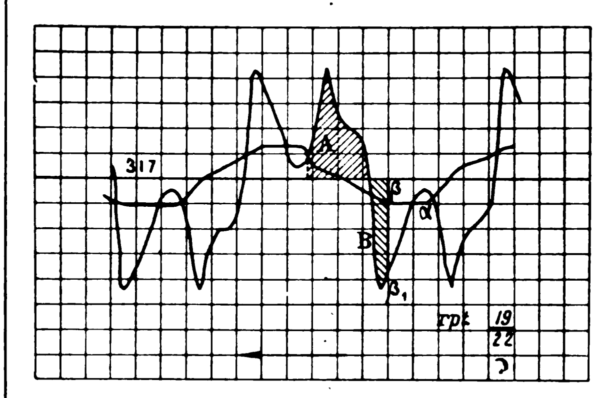


Fig. 27. — Commutation artificielle avec f. é. m. auxiliaire.

à fil fin (diamètre : 8-10 mm), visible figure 12, contenant 400 spires environ et pouvant pénétrer aisément à l'intérieur du paquet de bobines $\mathfrak{L}$, formant les selfs de section; la bobine *l* est divisée en deux enroulements qu'on peut grouper en série ou en parallèle, avec les quatre bornes fixées à la partie supérieure; elle a été toujours utilisée en série.

La bobine est alimentée par du courant alternatif emprunté à l'alternateur triphasé A du groupe d'essai (*fig.* 19 et 27), sous une tension d'environ 50 volts, avec self-induction et résistance ohmique en série. Le courant *i* de section et le courant alternatif étant des fonctions périodiques de même période ($\frac{1}{6}$ de tour du groupe prin-



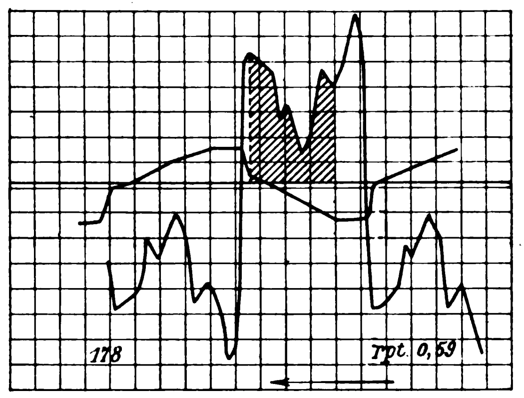


Fig. 28. — F. é. m. auxiliaire.

cipal), on obtiendra, en plaçant la bobine *l* dans les selfs $\mathfrak{L}$, une f. é. m. dans la section qui, tant qu'on ne fera pas varier le courant alternatif ni l'impédance en série, gardera la même phase par rapport au courant *i*.

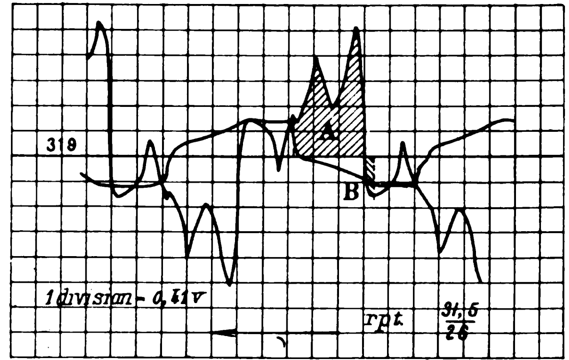


Fig. 28 *a*. — Légère surcommutation; pas d'étincelles.

En employant l'une ou l'autre des trois tensions étoilées, des trois tensions composées, ou même des trois fausses tensions composées correspondant à la somme



de deux tensions étoilées, dans l'un ou l'autre sens, en modifiant le rapport de l'inductance l' et de la résistance en série r', on obtiendra un grand nombre de combinaisons quant à la forme et à la phase de la f. é. m. ainsi introduite dans la section $\mathcal{L}$.

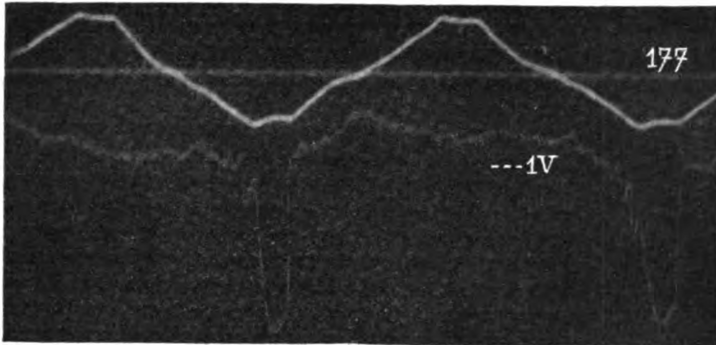


Fig. 28 *b*. — F. é. m. auxiliaire.

En branchant le bifilaire aux bornes G_2, G_4 (*fig.* 27) de la bobine $\mathcal{L}$, on obtient le tracé de la f. é. m. *e* introduite dans la section en grandeur et en forme, mais non en phase par rapport au courant commuté, car on ne peut effectuer en même temps la commutation; on obtient le tracé simultané du courant *i* et de la f. é. m. *e* (à un facteur près), en montant le bifilaire aux bornes d'une petite bobine d'essai *s*, comprenant 20 spires dans laquelle est placée la *bobine de commutation l*, pendant que la commutation se fait à la façon ordinaire et que le courant *i* est enregistré par l'équipage à fer doux.

Nous avons fait un certain nombre d'essais de ce genre : nous en signalerons ici trois seulement :

Le premier a été appliqué à des balais métalliques (*fig.* 26).

La résistance de contact étant ici très petite, le diagramme de commutation comporte (cliché 148) une descente exponentielle et une coupure brusque, entraînant pour la courbe de tension ε une pointe δ très élevée; les étincelles sont très fortes.

Le cliché 140, relevé avec la bobine d'essai *s*, donne la forme et la phase de la f. é. m. de commutation; la portion utile reste sensiblement constante pendant la première moitié dutemps *T*, s'élève rapidement à plus du double de sa première valeur jusqu'au temps $t = \frac{8}{11} T$ et retombe environ aux deux tiers en fin de commutation.

La f. é. m. ainsi obtenue n'est pas tout à fait suffisante pour assurer la commutation du courant $J = 7{,}5$ ampères; le cliché 142 montre, en effet, que l'inversion est sensiblement linéaire, mais incomplète, et se termine par une petite coupure, amenant la production d'une tension de coupure d'environ 1 volt et, par suite, de petites étincelles.

Quand on abaisse le courant total $2J$ à la valeur 12,7 ampères (cliché 147), il n'y a plus trace d'étincelles, la commutation est sensiblement exacte; elle se rapproche même plus de la densité nulle à la fin que de la densité constante.

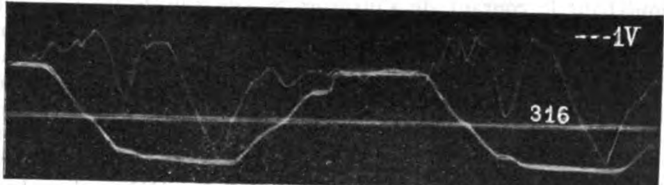
Enfin, pour un courant plus faible encore, $2J = 9{,}5$ ampères, il y a forte commutation, sans étincelles, la tension de coupure, d'ailleurs très petite est inversée (α, cliché 146).

Le cliché 145 comporte une surcommutation plus faible, avec courbe de tension à grande échelle.

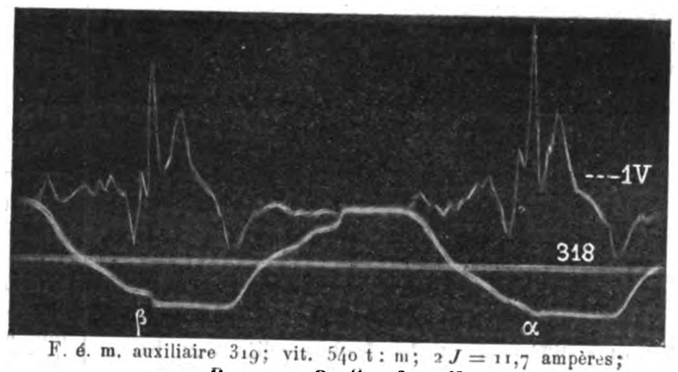
Sur les quatre clichés, le courant commuté a la même allure : il descend d'abord rapidement à zéro, sous l'action combinée de la résistance de la section et de la f. é. m. auxiliaire; ensuite il varie plus lentement, bien que la f. é. m. e_1 augmente parce que la résistance agit en sens inverse, la courbe se termine par un arrondi concave vers l'axe des temps, dû à la pointe de f. é. m. auxiliaire.

Cette constatation montre que les irrégularités de la f. é. m. de commutation ne se font que très peu sentir sur la courbe du courant commuté, grâce à la self-induction de la section.

La forme de courbe est toutefois peu favorable et le relevé du cliché 147 montre que la f. é. m. auxiliaire est 0,41 volt, alors que la tension de réactance est seulement 0,30 volt : ***la f. é. m. de commutation peut donc varier beaucoup dans sa forme sans gros inconvénient pourvu qu'elle ait une valeur moyenne suffisante.***



F. é. m. auxiliaire 317; vit. 510 t : m $2J = 10{,}4$ ampères; $R = 125\ m\Omega$; $\mathcal{L} = 490\ \mu H$.



F. é. m. auxiliaire 319; vit. 540 t : m; $2J = 11{,}7$ ampères; $R = 170\ m\Omega$; $\mathcal{L} = 870\ \mu H$.
Balai Z + : 6,5 × 18 mm² (sur place neuve du collecteur).

Fig. 29. — Commutation avec f. é. m. auxiliaire.

Un deuxième essai a été effectué sur balai QS_4, dans les

mêmes conditions que le cliché 175, avec f. é. m. auxiliaire donnée dans la figure 28 *b*; on a ainsi abouti au cliché 177 (*fig.* 28 *a*), sans étincelles. (La pointe de tension correspond à une période en dehors de la commutation, le balai n'étant plus en contact avec la lame.)

Il y a légère surcommutation, la f. é. m. auxiliaire moyenne est 1,62 volt et la tension de réactance 1,20 volt.

Le troisième essai correspond à un balai Z + et est détaillé dans la figure 23.

Les f. é. m. auxiliaires appliquées ont été obtenues en introduisant des résistances ohmiques dans le circuit branché sur une tension étoilée, de façon à modifier la forme et le décalage de la courbe.

Elles comportent dans le cas des clichés 316 et 317, pendant environ le premier quart de la commutation, une f. é. m. de sens défavorable et, dans les clichés 318 et 319, la même disposition pendant seulement le huitième de la durée, ce qui imite vaguement la commutation avec balais dont l'axe est calé légèrement en avant de la ligne neutre de telle façon que le champ inducteur soit encore de sens défavorable du côté de l'entrée en commutation.

Les commutations montantes et descendantes des clichés ne sont pas tout à fait symétriques, les courants étant légèrement différents dans les deux dérivations; les commutations descendantes sont les meilleures, surtout la commutation α du cliché 318.

Elles sont raccourcies, la f. é. m. défavorable au début empêchant le courant de s'inverser. Si l'on calcule les f. é. m. moyennes de commutation et les tensions de réactance, on trouve :

	316-317. volts	318-319. volts
Tension de réactance brute..........	0,85	1,8
Tension de réactance ramenée au temps réel de commutation..................	1,13	2,06
Ordonnée moyenne de A-B............	0,36	1,12
» de A seulement....	0,83	1,36

La commutation n'est pas parfaite, mais la f. é. m. moyenne est inférieure à la tension de réactance, même en ne comptant que la valeur de la f. é. m. dans le sens favorable.

(*A suivre.*) A. MAUDUIT.

TRANSFORMATEURS.

Sur un type de transformateurs réglables [1].

I. GÉNÉRALITÉS. — Dans les installations électriques, il est souvent utile et même quelquefois nécessaire de pouvoir régler la tension sur une partie du réseau ou aux bornes d'un appareil, indépendamment de la tension produite par les générateurs. On peut avoir, par exemple, à alimenter différemment des feeders reliés aux barres d'une même centrale, ou à appliquer successivement diverses tensions de démarrage ou de régime à différents types de moteurs fixes ou de traction.

Avec le courant continu, il faut recourir à l'emploi de rhéostats ou d'appareils dynamiques; avec le courant alternatif, au contraire, il est possible et même préférable d'employer des transformateurs statiques, dont le rapport de transformation soit variable entre certaines limites [1]. On sait que dans les transformateurs de type ordinaire le rapport de transformation est étroitement lié à celui du nombre des spires; une première solution du problème consiste donc à faire varier le nombre des spires d'un des deux enroulements [2], c'est-à-dire de construire un type de transformateurs, dans lequel le primaire (ou le secondaire) aurait, en plus des deux prises terminales, quelques prises intermédiaires limitant des groupes déterminés de spires.

Mais, comme entre deux prises successives existe une tension, qu'il est impossible d'annuler sans annuler la tension totale, dont elle est une partie aliquote, le passage du contact d'une prise à l'autre offre de sérieuses difficultés; difficultés analogues à celles qu'on trouve pour obtenir des variations de tensions dans un circuit à courant continu le long d'une batterie d'accumulateurs. Comme souvent on ne peut tolérer l'interruption, même momentanée, du courant dans le circuit extérieur, il faut avoir obtenu le contact avec la nouvelle prise avant de quitter l'ancienne; mais cette méthode détermine un véritable court circuit entre les prises, ce qui soumettra le transformateur à un court circuit total. On recourt alors à l'insertion temporaire de résistances [3] appropriées entre les deux contacts afin de limiter le courant de court circuit à une valeur acceptable.

L'emploi de ces résistances inductives complique un peu la construction des appareils, en particulier en ce qui concerne la série des interrupteurs nécessaires pour effectuer le changement de tension sans crainte de courts circuits ni d'interruption du courant principal. A ces inconvénients s'ajoute, dans le cas de ce type de transformateurs, l'impossibilité d'obtenir une régulation graduelle de la tension, forcé qu'on est de passer par sauts successifs d'une condition de régime aux suivantes.

Pour remédier à ces différents défauts, on a imaginé une autre catégorie de transformateurs réglables, dans lesquels le nombre des spires du primaire et de celles du secondaire reste invariable, mais où la liaison magnétique varie entre les deux enroulements; cette variation peut être soit angulaire comme dans les régulateurs à induction,

[1] Communication faite le 29 juillet 1912 par G. VALLAURI à la section de Naples de l'Association électrotechnique italienne.

[1] Quand les variations de régulation ne sont pas trop étendues, il n'est pas nécessaire de faire passer toute la puissance à travers le transformateur réglable, mais de lui faire produire une tension auxiliaire, variable en grandeur ou en phase, qui, composée avec la tension principale, donne une résultante variable à son tour entre les limites désirées.

[2] En général, on maintient constant le nombre de spires de celui des deux circuits où la tension reste constante, afin que les conditions de magnétisation des noyaux ne changent pas par suite de la variation du rapport de transformation.

[3] On utilise des résistances fortement inductives à cause de leur coût moins élevé et aussi de la moins grande quantité d'énergie absorbée comparativement avec les résistances purement ohmiques.



soit linéaire comme dans quelques transformateurs employés pour des séries de lampes à arc. On obtient ainsi une variation véritablement continue du rapport de transformation, sans soumettre l'appareil à des conditions temporaires de régimes anormaux. Mais, par contre, dans ce type de transformateurs, la nécessité d'avoir des parties mobiles les unes par rapport aux autres fait que l'utilisation des matériaux est moins bonne que dans les transformateurs ordinaires, que les difficultés de construction sont plus grandes et enfin que la dispersion magnétique est importante. Il s'ensuit que le rendement et le facteur de puissance primaire sont moins favorables que dans les types communs et aussi que le prix de revient s'élève rapidement. Dans le cas de transformateurs pour locomotives ou pour automotrices, il faut encore tenir compte de la forte augmentation de poids.

Pour ces raisons, les constructeurs se sont trouvés amenés à rechercher un type de transformateur réglable, qui, tout en conservant la simplicité d'un transformateur ordinaire à plusieurs prises, ne soit sujet qu'à des courts circuits peu énergiques, par suite plus facilement atténuables, durant la phase de transition et permette de passer avec continuité ou sauts pas trop brusques d'une tension de régime à une autre. Un dispositif, qui satisfait en partie à ces qualités requises, est précisément l'objet de la présente étude.

La conception fondamentale de cet appareil est assez simple : au lieu d'employer un seul transformateur à plusieurs prises, on emploie deux transformateurs accouplés en série par les primaires et par les secondaires, et de puissance égale et moitié de celle qu'aurait un unique transformateur remplissant le même usage. On change le rapport de transformation (c'est-à-dire on déplace les contacts d'une prise à l'autre) en faisant varier les contacts non simultanément, mais successivement sur l'un et l'autre des deux transformateurs [1].

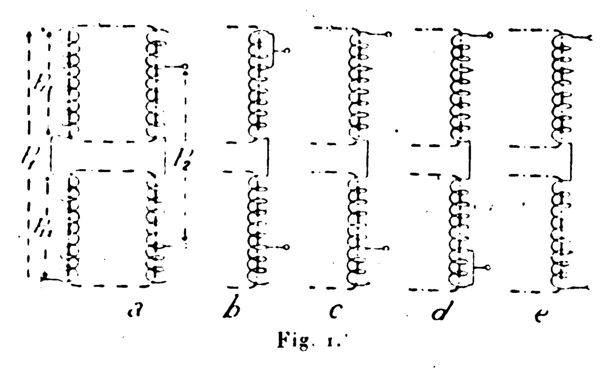


Fig. 1.

Les cinq positions *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, par lesquelles passe un tel système pendant une variation de tension, sont représentées dans la figure 1. De cette façon il n'est pas indispensable d'atténuer le court circuit, puisqu'il n'existe à un instant donné que dans un des deux transformateurs en ~~série~~ et que ses effets sont assez limités. En effet, comme on le sait, le primaire d'un transformateur, dont le secondaire est fermé en court circuit, se comporte approximativement comme une résistance plus ou moins inductive, d'ordinaire de grandeur égale à trois ou quatre fois sa résistance ohmique vraie. Si donc, un des deux transformateurs est momentanément en court circuit, la chute de tension entre les extrémités de son primaire est beaucoup plus petite et la tension primaire se trouve presque entièrement appliquée à l'autre transformateur [1].

Il résulte de ceci, que le flux magnétique dans le premier est faible, et par suite petite la force électromotrice agissant dans le court circuit; par conséquent ce dernier, quoique n'étant fermé sur aucune résistance auxiliaire, est traversé par un courant de même ordre de grandeur que le courant normal. En passant successivement par les positions *a*, *b*, *c*, *d*, *e* de la figure 1, il est possible d'obtenir des variations de tensions sans employer de résistances. Naturellement en agissant ainsi, c'est-à-dire en exécutant ces quatre manœuvres instantanées et séparées, la variation de tension sera discontinue. Mais rien n'empêche que le passage de *a* en *b* soit, au lieu d'instantané, progressif en fermant le court circuit sur une résistance variant de l'infini à 0; ce court circuit achevé et le passage du contact de l'ancienne prise à la nouvelle effectué, on passe progressivement de *b* en *c*, en augmentant la résistance du court circuit de 0 à l'infini. On passerait d'une façon analogue de *c* en *d* et de *d* en *e*. Si donc on admet l'emploi d'un rhéostat, le dispositif donne une variation continue de la tension entre l'une et l'autre valeur de régime.

Cet examen, plutôt qualitatif et sommaire de l'appareil, laisse indéterminés plusieurs points, entre autres la grandeur du courant de court circuit, l'amplitude de la variation de tension qu'on peut parfaire, la manière dont se comporte l'appareil sous diverses charges et avec divers facteurs de puissance, les caractéristiques du transformateur dans sa position intermédiaire *c* de la figure 1, les différentes conséquences résultant de l'emploi de rhéostats ohmiques ou inductifs, les effets de la saturation magnétique des noyaux, etc. Pour élucider ces points, on a soumis le dispositif à des études, tant au point de vue théorique qu'expérimental.

II. Théorie. — Le but de la présente étude, comme il est dit plus haut, est d'examiner les conditions de fonction-

[1] On peut évidemment étendre ce principe au cas où l'on emploie d'une façon analogue, non deux, mais trois ou plusieurs transformateurs, associés en série.

[1] On ne peut appliquer les théories connues pour les transformateurs ordinaires à tension constante, pour le cas de cette surcharge de 100 pour 100 dans le deuxième transformateur. En effet, dans les premiers, le courant arrive à une valeur double et, par suite, inacceptable soit à cause de l'échauffement rapide des conducteurs, soit à cause des actions électrodynamiques exercées par les courants variables sur les spires. Dans le cas présent, tandis que la tension est doublée, si la saturation du fer n'est pas excessive, le courant, au contraire, reste invariable; les pertes magnétiques seules augmentent de trois à quatre fois leur valeur normale. Par suite, si l'isolement des enroulements est suffisant, le transformateur peut soutenir cette augmentation assez longtemps sans inconvénients sensibles.

5.....



nement auxquelles est soumis le transformateur double dans les diverses phases *a*, *b*, *c*, *d*, *e* (*fig.* 1) d'un changement de tension et pendant lesquelles il possède des propriétés différentes de celles d'un transformateur ordinaire. Pour cela il est nécessaire, tant pour simplifier les calculs analytiques que pour pouvoir faire facilement des comparaisons et des déductions pratiques, de dégager de la théorie tous les éléments qui entrent également en jeu dans l'étude des transformateurs ordinaires comme dans les appareils en question.

On admettra comme négligeables les résistances ohmiques des enroulements; négligeables aussi les dispersions du flux et les pertes par hystérésis et par courants parasites; constante la perméabilité magnétique des noyaux et, par suite, la réluctance des circuits magnétiques; sinusoïdales les lois de variations de toutes les quantités alternatives.

On suppose que celui des deux circuits garni de prises est le secondaire et l'on considère une condition quelconque de fonctionnement intermédiaire entre deux de celles qui correspondent à deux positions successives de la figure 1; par suite, on aura une certaine valeur r_c pour la résistance extérieure variable, au moyen de laquelle on règle le courant I_c de court circuit. La figure 2,

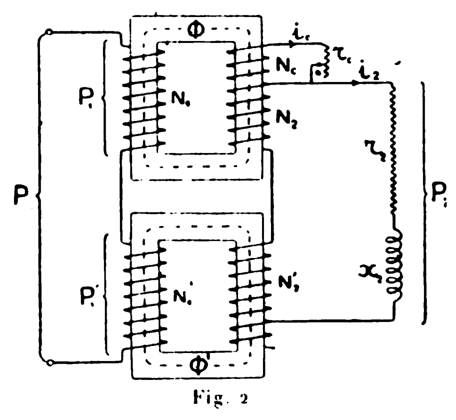


Fig. 2

où sont indiqués les différents symboles adoptés, correspond à cette condition de fonctionnement intermédiaire. On suppose d'abord qu'on utilise des rhéostats non inductifs, c'est-à-dire que r_c soit une résistance simplement ohmique; par suite, I_c est en phase avec la tension P_c qui l'alimente. Enfin, on suppose connues la tension primaire P; la fréquence n; l'impédance λ_2 du circuit secondaire, résultante d'une résistance ohmique r_2 et d'une réactance x_2 qu'on maintient constante durant la variation de tension (¹); le nombre de spires primaires N_1, égal pour chacun des deux transformateurs; le nombre des spires secondaires N_2 et N'_2 insérées dans le circuit d'utilisation et enroulées respectivement sur le transformateur en court circuit et sur l'autre (¹); le nombre N_c des spires fermées en court circuit; la réluctance R de chacun des deux circuits magnétiques égaux.

Si l'on prend comme inconnues les trois courants I_1, I_2, I_c et les deux flux magnétiques φ et φ', on peut établir entre les valeurs instantanées des diverses grandeurs le système d'équations suivant (où $m = 2\pi n$) :

$$p - N_1 \frac{d\varphi}{dt} - N_1 \frac{d\varphi'}{dt} = 0,$$

$$- N_c \frac{d\varphi}{dt} - r_c i_c = 0,$$

$$- N_2 \frac{d\varphi}{dt} - N'_2 \frac{d\varphi'}{dt} - \frac{x_2}{m} \frac{di_2}{dt} - r_2 i_2 = 0,$$

$$R\varphi - N_1 i_1 - N_c i_c - N_2 i_2 = 0,$$

$$R\varphi' - N_1 i_1 - N'_2 i_2 = 0.$$

La résolution de ce système est un peu compliquée et nécessite l'emploi de quelques artifices de calcul, mais n'offre pas de difficultés théoriques. Si l'on suppose que le vecteur P de la tension appliquée au primaire ait une phase nulle et coïncide avec l'axe des y, les composantes étant $P_x = 0$ et $P_y = P$ et que le sens de rotation des vecteurs soit inverse de celui des aiguilles d'une montre, on a, en résolvant par rapport au flux Φ, les expressions suivantes pour les deux composantes de ce vecteur

$$\Phi_x = \frac{vc}{\Delta}[h^2(cl^3 + a^2 l + 8cf^2) + 2cfghl(2 + l)],$$

$$\Phi_y = \frac{vc}{\Delta}[2cfhl(2 - l) - a^2 h^2(2fh + gl)],$$

avec

$$\Delta = c^2 h^2 l^4 + 16c^2 f^2 h^2 + a^4 h^4 + 8c^2 fghl^2 + 2a^2 ch^2 l^2;$$

où sont employés les paramètres suivants (²) :

$$a = \frac{N_c}{N'_2}; \qquad c = \frac{r_c}{r_2}; \qquad f = \frac{\lambda_2 R}{2mN'^2_2};$$

$$g = \frac{x_2}{r_2} = \operatorname{tang}\varphi_2; \qquad h = \sqrt{1 + g^2} = \frac{\lambda_2}{r_2} = \operatorname{séc}\varphi_2;$$

$$l = \frac{N'_2 - N_2}{N'_2}; \qquad v = \frac{P}{mN_1}.$$

(¹) Dans ce cas, la puissance varie proportionnellement à P_2^2. On pourra aussi fixer à λ_2 une loi définie de variation en supposant par exemple que $\cos\varphi_2$ reste constant, mais que λ_2 varie proportionnellement à P_2 (puissance proportionnelle à P_2) ou bien proportionnellement à P_2^2 (puissance constante).

(¹) On voit facilement que, dans la phase *ab* de la figure 1, on a $N_2 = N'_2$; dans *bc*, $N_2 = N'_2 + N_c$; dans *cd* (où comme dans la suivante, les symboles sans indice sont relatifs au transformateur, qui est alors en court circuit), $N_2 = N'_2 - N_c$ et, dans *de*, $N_2 = N'_2$.

(²) L'emploi de ces paramètres, qui tous, à part v, sont des nombres purs, est en vue de simplification. L'expression du paramètre f, un peu plus compliquée que les autres, a été choisie pour donner à f une signification pratique du rapport entre le courant de magnétisation I_m et le courant d'utilisation I_2. En effet, si l'on considère le transformateur en régime avec N'_2, spires secondaires sur chaque noyau et sans court circuit, on a les relations suivantes :

$$I_2 = \frac{E_2}{\lambda_2} = 2\frac{mN'_2\Phi'}{\lambda_2} = \frac{I_m}{f}, \qquad \Phi' R = N'_2 I_m,$$

$$f = \frac{\lambda_2 I_m}{2mN'_2\Phi'} = \frac{\lambda_2 R}{2mN'^2_2}.$$

Le vecteur Φ étant ainsi déterminé en grandeur et direction, on déduit facilement les valeurs de Φ', I_1, I_2, I_c des équations du système et ensuite les valeurs de P_1, P'_1 et P_2 par les relations

$$P_1 = N_1\frac{d\varphi}{dt}; \qquad P'_1 = N_1\frac{d\varphi'}{dt};$$

$$P_2 = -N_2\frac{d\varphi}{dt} - N'_2\frac{d\varphi'}{dt} = r_2 i_2 + \frac{x_2}{m}\frac{di_2}{dt}.$$

Les expressions ainsi déduites représentent chaque vecteurs en fonction d'une valeur donnée de la résistance de court circuit r_c et, par suite, en fonction du paramètre c. Pour trouver les variations qui ont lieu pendant le passage d'une prise de courant à une autre, il suffit de varier r_c de ∞ à 0. Pour cela, on détermine analytiquement le lieu décrit par les extrémités de chaque vecteur pendant cette variation.

L'équation du lieu, rapportée à un système de coordonnées cartésiennes, est enfin donnée, en notations paramétriques par rapport au paramètre c, par les expressions des deux composantes suivant les axes de coordonnées. Éliminant le paramètre c entre les deux égalités, on a l'équation du lieu, qui, pour tous les vecteurs considérés, est celle d'une circonférence. Les coordonnées du centre et les rayons de chacune de ces circonférences sont indiqués dans le Tableau suivant :

Vecteur P_1.

Abscisse du centre...... $\alpha = -P\dfrac{l}{2(gl^2+4fh)}$

Ordonnée du centre..... $\beta = P\dfrac{2fh+gl}{2(gl^2+4fh)}$

Rayon................. $r = \sqrt{\alpha^2+\beta^2}$

Vecteur P'_1.

Abscisse du centre...... $-\alpha$

Ordonnée du centre .... $P-\beta$

Rayon................. r

Vecteur P_2.

Abscisse du centre...... $\alpha' = \dfrac{N'_2-N_2}{N_1}\alpha$

Ordonnée du centre .... $\beta' = \dfrac{N'_2-N_2}{N_1}\beta - \dfrac{N'_2}{N_1}P$

Rayon................. $r' = \dfrac{N'_2-N_2}{N_1}r$

Vecteur I_2.

Abscisse du centre...... $\alpha'' = \dfrac{r_2\alpha' + x_2\beta'}{\lambda_2^2}$

Ordonnée du centre .... $\beta'' = \dfrac{r_2\beta' - x_2\alpha'}{\lambda_2^2}$

Rayon................. $r'' = \dfrac{r'}{\lambda_2}$

Vecteur I_1.

Abscisse du centre...... $-\dfrac{R\dfrac{N_2}{N_1}P + A\beta'' + B\alpha''}{mN_1(N'_2-N_2)}$

Ordonnée du centre .... $\dfrac{A\alpha'' - B\beta''}{mN_1(N'_2-N_2)}$

Rayon................. $r'' = \dfrac{\sqrt{A^2+B^2}}{mN_1(N'_2-N_2)}$

Vecteur I_c.

Abscisse du centre...... $\dfrac{R\dfrac{N'_2+N_2}{N_1}P + A'\beta'' + B'\alpha''}{mN_c(N'_2-N_2)}$

Ordonnée du centre .... $-\dfrac{A'\alpha'' - B'\beta''}{mN_c(N'_2-N_2)}$

Rayon................. $r'' = \dfrac{\sqrt{A'^2+B'^2}}{mN_c(N'_2-N_2)}$

où

$$A = r_2R,$$
$$B = x_2R + mN'_2(N'_2-N_2);$$
$$A' = 2r_2R,$$
$$B' = 2x_2R + m(N'_2-N_2)^2.$$

Les expressions de I_1 et de I_2, données dans la Table, deviennent indéterminées pour le cas particulier où $N'_2 = N_2$. Calculons à part, pour ce cas, les lieux des extrémités des vecteurs I_1 et I_c; on trouve qu'ils sont aussi des circonférences dont les coordonnées du centre et les rayons sont :

Vecteur I_1.

Abscisse du centre..... $\left(\dfrac{N_2}{N_1}\right)^2\dfrac{x_2}{\lambda_2^2}P + \dfrac{R}{mN_1^2}(P-\beta)$

Ordonnée du centre... $\left(\dfrac{N_2}{N_1}\right)^2\dfrac{r_2}{\lambda_2^2}P + \dfrac{R}{mN_1^2}\alpha$

Rayon................ $\dfrac{R}{mN_1^2}r$

Vecteur I_c.

Abscisse du centre..... $-\dfrac{R}{mN_1N_c}(P-2\beta)$

Ordonnée du centre... $-\dfrac{R}{mN_1N_c}2\alpha$

Rayon................ $\dfrac{R}{mN_1N_2}2r$

Au moyen de ces relations analytiques, on a construit le diagramme de la figure 3, où sont représentés les arcs de cercles, le long desquels se déplace l'extrémité de chaque vecteur pendant les quatre phases *ab*, *bc*, *cd*, *de* de la figure 1, correspondant dans leur ensemble à une variation déterminée de tension. Dans le choix des données numériques, nécessaires pour construire la figure, on a supposé que le rapport des transformateurs devait varier de $\frac{2}{3}$ à 1, c'est-à-dire que la tension secondaire devait varier de 50 pour 100 de sa valeur la plus basse ou encore de 33,3 pour 100 de sa valeur la plus haute; la valeur la plus grande de la tension secondaire égale la tension primaire; le facteur de puissance dans le secondaire soit 0,80 et, enfin, que le coefficient f du courant magnétisant à pleine charge est égal à 4 pour 100 (¹).

L'échelle des courants a été définie par rapport à celle des tensions en prenant $r_2 = 1$. Pour éviter toute confusion, on a conservé pendant les quatre phases le même symbole $P_{1,1}$ pour la tension primaire aux bornes du transformateur qui avait un court circuit au temps b et

(¹) Par suite, $f = 0{,}09$ dans les deux premières phases et $f = 0{,}04$ dans les deux autres.

le symbole $P_{1,2}$ pour celle du transformateur qui avait un court circuit au temps *d*. Par suite, pendant les deux premières phases, $P_{1,1}$ coïncide avec le P_1 de la théorie et pendant les deux autres, c'est $P_{1,2}$.

La figure 3 permet de suivre la variation des vecteurs pendant le changement de tension; les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, *e* indiquent les valeurs de chaque vecteur dans les conditions successives représentées figure 1. En *a*, la tension primaire totale P_1, qui coïncide avec l'axe O*y*, se divise

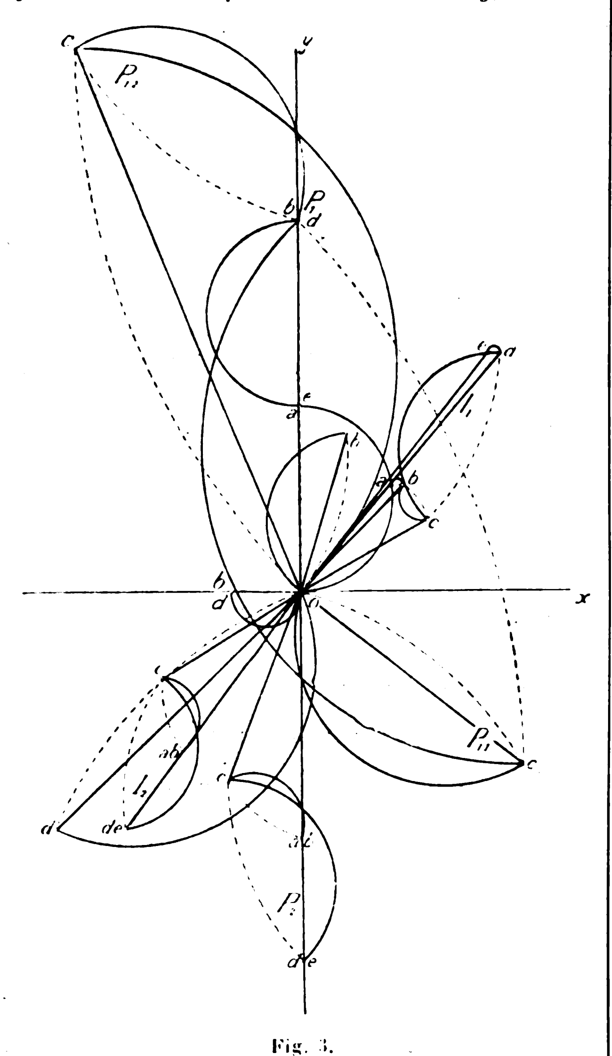


Fig. 3.

également entre les deux transformateurs, de sorte que $P_{1,1}$ et $P_{1,2}$ sont égales à $\frac{P_1}{2}$. La tension secondaire P_2 est en opposition par rapport à P_1, et égale aux $\frac{2}{3}$ de celle-ci. Le courant secondaire I_2 est déphasé en arrière d'un angle φ = arc cos 0,8 par rapport à P_2. Le courant primaire I_1 résulte de la composition du courant d'utilisation, opposé au courant secondaire et égal aux $\frac{2}{3}$ de celui-ci, et du petit courant magnétisant, en quadrature par rapport à P_1. Le r_c est infini et, par suite, I_c nul.

Dans la phase de variations *ab*, les extrémités de tous les vecteurs décrivent sur la figure des arcs de cercles *ab*. Lorsqu'on réduit la résistance de court circuit *r* de l'infini à zéro, la tension $P_{1,1}$ du transformateur qui vient en court-circuit, en diminue de $\frac{P}{2}$ à o; cette variation a lieu le long du demi-cercle partant de *a* sur l'axe des *y* et finissant à o. En même temps, la tension $P_{1,2}$ varie le long de l'autre demi-cercle partant du même point *a* et finissant en *b* sur l'axe des *y*, d'où $P_{1,2} = P_1$. La tension P_2, et aussi le courant I_2, restent invariables (1).

Le vecteur I_c du courant de court circuit varie de zéro à une valeur maximum, et son extrémité décrit un demi-cercle depuis l'origine jusqu'au point *b* situé sur l'axe négatif des *x*. Le courant I_1 subit une variation correspondante : il diminue, jusqu'à l'annuler, la force magnétomotrice agissant sur le noyau du transformateur 1, et augmente, jusqu'à le doubler, le courant magnétisant dans le transformateur 2. Pendant l'instant où le contact se déplace de l'ancienne prise à la nouvelle dans le premier transformateur, le courant de court circuit I_c varie du vecteur O*b*, dirigé suivant l'axe négatif des *x*, à l'autre vecteur O *b*, placé dans le premier quadrant, peu éloigné de l'axe des *y*. Cette variation soudaine ne représente pas toutefois une discontinuité dans le phénomène, mais seulement dans la manière de définir le courant de court circuit, ce qu'on peut expliquer de la façon suivante : Pendant la phase *ab*, on considère comme courant de court circuit le courant i'_c (*fig.* 4), tandis que dans la phase *bc*, on considère comme

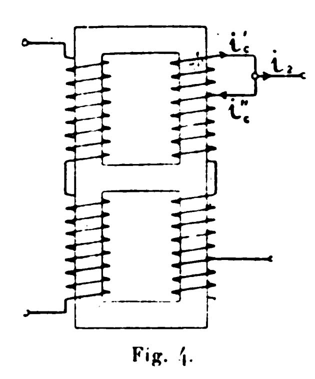


Fig. 4.

tel le courant i''_c. Dans la condition *b*, on cesse donc de mesurer le courant de court circuit i'_c et l'on commence à mesurer la valeur de i''_c; ces deux courants diffèrent de façon qu'on ait la relation $i''_c = i'_c - i_2$. A cette relation satisfont, en effet, géométriquement les vecteurs correspondants de la figure 3. Toutes les autres grandeurs

(1) En effet, durant cette phase il n'y a qu'une mutation dans la façon dont est distribuée la puissance totale entre les deux transformateurs : au début, chacun d'eux transforme la moitié de la puissance totale, tandis qu'à la fin le deuxième transforme à lui seul toute la puissance; mais, puisque, soit par la réunion des deux transformateurs, soit avec le deuxième seul, le rapport de transformation est le même, la tension secondaire ne doit pas subir de variations.



ne subissent pas de discontinuité, ce qui fait qu'on a dans la figure une série d'arcs de cercle *ab*, *bc*, *cd*, *de*, reliés entre eux par les extrémités correspondantes. Dans la phase suivant *bc*, en faisant croître la résistance de court circuit de zéro à l'infini, on réduit le courant progressivement à zéro le long de l'arc de cercle représenté sur la figure 3 et les extrémités de tous les autres vecteurs décrivent les arcs respectifs *b*, *c*. La condition intermédiaire *c* est celle d'un système de deux transformateurs associés en série, mais de rapports de transformation différents [1]. Avec les valeurs numériques choisies pour construire la figure, la tension secondaire sera en *c* un peu moindre que la tension initiale et les deux composantes $P_{1,1}$ et $P_{1,2}$ de la tension primaire P_1 seront presque en opposition, de sorte que la tension $P_{1,2}$ aura une valeur sensiblement plus grande que la tension totale P_1. Mais, toutes ces conditions varient beaucoup avec la charge, le facteur de puissance, l'étendue des variations de tension à obtenir, etc.

En particulier, dans le fonctionnement à vide ($\lambda_2 = \infty$), pendant la phase *bc* tous les vecteurs décriront de nouveau en sens inverses les demi-cercles décrits pendant la phase *ab*, sauf le vecteur P_2, dont l'extrémité parcourra un petit demi-cercle et prendra une valeur $P_1 \frac{N'_2 + N_2}{2N_1}$ moyenne entre la valeur initiale et la valeur finale.

Dans la phase *cd*, se succèdent des variations analogues à celles déjà décrites, pendant que le courant de court circuit I_c monte à sa valeur la plus élevée, atteignant en *d* un maximum (qui, dans la figure 3, tombe dans le troisième quadrant); ce maximum est de peu supérieur à la valeur du courant utile I_2. Dans la condition *d*, le transformateur 2 est en court circuit; par suite $P_{1,2} = 0$ et $P_{1,1} = P_1$.

Dans la dernière phase *de*, la tension P_2 est égale à P_1 et, par suite, I_2 ne change plus; pendant que le courant I se réduit à zéro le long du même demi-cercle suivi pendant la phase *ab*, la puissance se répartit également entre les deux transformateurs et chacune des tensions primaires revient à une même valeur $\frac{P}{2}$ variant le long des deux demi-cercles de la première phase.

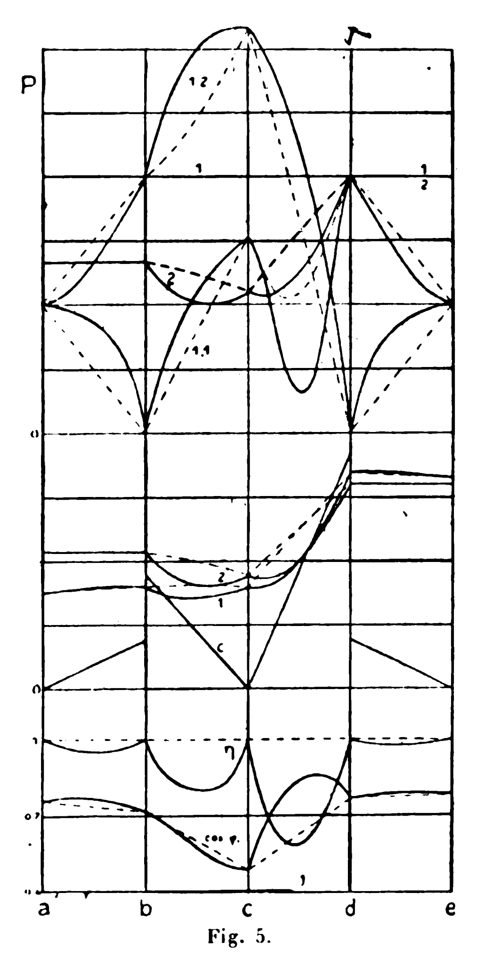


Fig. 5.

La variation de chacune de ces grandeurs, pendant la manœuvre d'un changement de tension, peut se suivre plus facilement si, au lieu de considérer la grandeur et la phase de chaque vecteur, on considère seulement la première en la représentant dans un diagramme cartésien. C'est ce qu'on a fait sur la figure 5 en prenant pour condition que, pendant chaque phase de la variation de tension, les variations de I_c soient linéaires; en plus des variations

(1) L'étude de la réunion en série de deux transformateurs peut être faite à part, indépendamment de la question traitée ici. Quand, dans les expressions des composantes de chaque vecteur suivant l'axe des x et l'axe des y, on fait $r = \infty$ et que l'on considère la valeur de f comme paramètre indépendant à éliminer, on a les équations des caractéristiques des transformateurs composés, en entendant par caractéristiques les lieux de chaque vecteur lorsque varie la charge, c'est-à-dire λ_2 pour $\cos\varphi_2 =$ const. On trouve que ces lieux sont aussi des cercles et, en particulier, celui de P_2 a pour coordonnées du centre et pour rayon

$$\alpha' = -\beta' \operatorname{tang}\varphi_2; \qquad \beta' = -P_1 \frac{N'_2 + N_2}{4N_1};$$
$$r' = \sqrt{\alpha'^2 + \beta'^2}.$$

Il s'ensuit qu'à vide, la tension secondaire est

$$2\beta' = -P_1 \frac{N'_2 + N_2}{2N_1};$$

de même le rapport total de transformation est, aussi à vide, la moyenne des rapports de transformation des deux transformateurs simples et est variable avec la charge. Le cercle représentatif du courant I_2 est déterminé par

$$\alpha'' = -P_1 \frac{R(N'_2 + N_2)}{2m N_1 (N'_2 - N_2)^2};$$
$$\beta'' = -\alpha'' \operatorname{tang}\varphi_2; \qquad r'' = \sqrt{\alpha''^2 + \beta''^2},$$

d'où la valeur égale à $2\alpha''$ du courant secondaire quand tout l'appareil est en court circuit.

des tensions et des courants, on y a représenté celles du rendement η et du cos φ, qui se déduisent facilement par procédés graphiques de la figure 3. On note que, dans chacune des positions limites a, b, c, d, e, le rendement est 1; en effet, dans le court circuit, il n'y a pas dissipation d'énergie, soit parce qu'il est ouvert (a, c, e), ou soit parce qu'il a une résistance nulle (b, d) et que, d'autre part, d'après les hypothèses faites, les transformateurs n'ont pas de pertes propres. Mais, dans les conditions intermédiaires, le rendement descend au-dessous de l'unité, par suite de l'énergie dissipée dans le court circuit et cette diminution est d'autant plus grande que le courant I_c est plus intense.

Pour supprimer cette diminution du rendement et éventuellement pour réduire le poids et le coût des rhéostats de court circuit on peut employer des rhéostats inductifs. Ce cas peut être aussi traité analytiquement dans le cas limite où le facteur de puissance cos φ_c, dans le court circuit est nul. Les cinq équations du système fondamental restent les mêmes, sauf la deuxième qui devient

$$-N_c\frac{d\varphi}{dt}-\frac{x_c}{m}\frac{di_c}{dt}=0.$$

La résolution des équations peut être faite par une marche analogue. On est conduit encore à la détermination des lieux géométriques prenant dans les diagrammes vectoriels la forme d'arcs de cercle et se transformant dans le diagramme cartésien de la figure 5 en segments de droite. La représentation des courbes données par cette hypothèse a été faite en traits pointillés dans la figure 3, ainsi que dans la figure 5. Dans ces figures, chacun des arcs de courbe ont des extrémités communes avec les arc de courbes des cas précédents ($\cos\varphi_c = 1$) puisque les conditions de courts circuits ouverts (a, c, e) ou de courts circuits complets (b, d) sont indépendantes des valeurs de cos φ_c. Dans le cas considéré à présent, c'est-à-dire avec des rhéostats inductifs ($\cos\varphi_c = 0$), et eu égard aux hypothèses faites, le rendement théorique η doit évidemment rester constant et égal à l'unité pendant toute la variation.

Pour des valeurs de φ_c comprises entre 0 et $\frac{\pi}{2}$, les courbes ont des allures intermédiaires entre les deux dessinées sur les figures.

Si l'on veut encore considérer l'hypothèse où, pour ne pas dissiper d'énergie dans le court circuit, on le ferme, non sur une self-induction ($\varphi_c > 0$), mais sur une capacité ($\varphi_c < 0$), variable de zéro à l'infini et vice versa, on trouve, pour le cas limite où $\varphi_c = -\frac{\pi}{2}$, que les lieux de la figure 3 sont encore les mêmes cercles du cas précédent $\left(\varphi_c = \frac{\pi}{2}\right)$, mais que les arcs décrits par les vecteurs sont opposés. On établit facilement que, dans ce cas, en donnant successivement à la capacité toutes les valeurs possibles, peuvent se trouver réalisées les conditions de résonance, ce qui peut faire monter le courant à une valeur beaucoup plus élevée que dans le cas d'un court circuit franc. Ce serait, en pratique, un très grand inconvénient.

Si nous revenons au cas où les rhéostats de court circuit employés ne sont pas inductifs ($\cos\varphi = 1$), on peut encore déduire de la théorie beaucoup d'autres conséquences intéressantes, suivant les éléments (charge, $\cos\varphi_2$, étendue relative de la variation de tension à obtenir dans une manœuvre) dont on veut examiner l'influence sur la façon de se comporter du système. Mais, comme les déductions théoriques ont été très bien confirmées par l'expérience, un exposé des résultats expérimentaux obtenus peut remplacer un examen théorique plus étendu de la question. D'ailleurs, les expériences révèlent des effets négligés à dessein dans la théorie; il nous paraît donc préférable de décrire celles-ci.

III. Épreuves expérimentales. — Dans ces épreuves expérimentales, on a employé deux transformateurs égaux, en forme de tore. Chacun des noyaux magnétiques est constitué par 50 anneaux lamellés d'épaisseur moyenne 0,046 cm, de diamètre intérieur $d_1 = 20$ cm, et de diamètre extérieur $d_2 = 29$ cm, d'un poids de fer total de 6,100 kg. Sur chaque anneau est enroulé uniformément en plusieurs couches un circuit primaire de $N_1 = 659$ spires et un circuit secondaire de $N'_2 = N_2 + N_c = 620$ spires. Ce dernier circuit est muni de prises, de façon à pouvoir donner différentes valeurs au nombre N_2 de spires, qui alimentent le circuit extérieur dans la condition initiale a. Par suite, le nombre $N'_c = N'_2 - N_2 = 620 - N_2$ de spires, venant pendant la manœuvre en court circuit temporaire, prend différentes valeurs. Ces spires se trouvent ensuite, dans la condition finale e, insérées dans le circuit secondaire. Les enroulements sont formés de fils isolés de 1 mm² de section, pouvant supporter sans échauffement excessif un courant de 3 à 4 ampères.

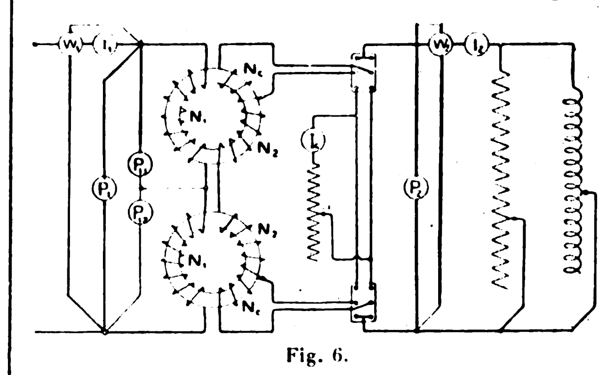


Fig. 6.

La figure 6 représente le schéma des circuits; le primaire est alimenté par du courant alternatif à 42 périodes, pris sur le réseau de la ville, et traversant un régulateur à induction au moyen duquel on maintient constante la tension primaire P_1. Dans le circuit du primaire se trouvent un voltmètre P_1, un ampèremètre I_1 et un wattmètre W_1, et en outre, entre les bornes des primaires de chacun des transformateurs, les voltmètres $P_{1,1}$ et $P_{1,2}$. Ces derniers sont du type électrostatique, afin que, même dans les conditions de fonctionnement à vide, la distribution des tensions entre les deux transformateurs ne soit pas troublée. Les enroulements secondaires, les rhéostats de court circuit et le circuit d'utilisation sont réunis

entre eux au moyen de deux commutateurs à cuvettes de mercure, permettant d'effectuer les manœuvres relatives aux changements de tensions, ainsi que l'insertion des rhéostats de court circuit entre les deux extrémités des groupes des spires secondaires N_c et le passage des contacts avec le circuit d'utilisation de l'une à l'autre de ces deux extrémités. Dans le circuit d'utilisation, constitué par des rhéostats inductifs et non inductifs, sont insérés le voltmètre P_2, l'ampèremètre I_2 et le wattmètre W_2 dans le court-circuit, l'ampèremètre I_c. Le voltmètre P_2 est aussi électrostatique, afin que, dans les mesures à vide, en interrompant le circuit voltmétrique du wattmètre, on ait effectivement une charge nulle.

On a pris comme conditions moyennes une tension primaire de 210 volts (ce qui correspond, en admettant la loi des variations sinusoïdales, à une valeur de $B_{max} = 8250$); une impédance λ_2 du circuit d'utilisation telle que le courant dans la phase finale e soit environ de 3,5 ampères; un facteur de puissance dans le secondaire $\cos\varphi_2$ compris entre 0,75 et 0,80 et un nombre N_2 de spires pour fermer temporairement en court circuit de 155 spires, de telle sorte que les variations du rapport de transformation sont $\frac{N_c}{N_2} = \frac{155}{465}$ (33,3 pour 100) par rapport à la plus petite tension et $\frac{N}{N'_2} = \frac{155}{620}$ (25 pour 100) par rapport à la plus grande.

Chaque série de mesures se rapporte à une manœuvre de variations de tension, c'est-à-dire au développement successif des phases déjà décrites de a à e, pour des valeurs données de P_1, λ_2, $\cos\varphi_2$, N_2, N_c.

Les résultats d'une série de mesures, avec les conditions moyennes attribuées, sont indiqués comme exemple dans le Tableau suivant :

$P_1 = 210$, $\lambda_2 = 54$, $\cos\varphi_2 = 0,77$, $N_2 = 465$, $N_c = 155$

	P_1.	I_1.	W_1.	$P_{1,1}$.	$P_{1,2}$.	I_c.	P_2.	I_2.	W_2.	η.	$\cos\varphi_1$.
a	210	2,04	320	103	115	0	142	2,57	280	0,87	0,75
	210	2,14	350	83	158	1,00	142	2,58	283	0,81	0,78
	210	2,41	368	59	184	2,35	143	2,60	285	0,78	0,73
b	210	2,77	372	25	200	{4,20 / 2,84}	144	2,63	291	0,78	0,64
	210	2,73	384	57	200	1,87	146	2,64	293	0,76	0,67
	210	2,62	382	77	202	0,84	147	2,67	297	0,78	0,69
c	210	2,54	379	98	206	0	148	2,71	304	0,80	0,71
	210	2,71	470	62	173	2,09	151	2,76	317	0,67	0,83
	210	3,28	575	135	102	3,92	171	3,18	420	0,73	0,83
d	210	3,94	640	199	15	{6,00 / 3,11}	186	3,54	504	0,79	0,77
	210	3,78	635	177	55	1,88	186	3,54	508	0,80	0,80
	210	3,61	620	147	88	0,90	186	3,54	510	0,82	0,82
e	210	3,53	600	103	115	0	186	3,55	513	0,86	0,81

Au moyen des résultats de chacune des séries de mesures, on a construit des diagrammes analogues à ceux de la figure 5. A cet effet, on a divisé l'axe des abscisses en quatre parties égales, correspondant aux quatre phases successives *ab*, *bc*, *cd*, *de*; on a établi l'échelle des ordonnées et au moyen des valeurs de I_c en b et en d, on a construit les diagrammes rectilignes de I_c. En reportant par rapport à ces droites les valeurs intermédiaires mesurées, on obtient ainsi dans les figures 7 à 11, successivement de haut en bas : les diagrammes des tensions (le diagramme rectiligne de la tension primaire P_1 = const., celui de la tension $P_{1,1}$ aux bornes du transformateur qui vient en court circuit en b, celui de la tension $P_{1,2}$ aux bornes de l'autre transformateur qui vient en court circuit en d et enfin celui de la tension secondaire P_2); les diagrammes des courants (le diagramme rectiligne du courant I, celui du courant primaire I_1 et éventuellement celui du courant secondaire I_2, qui n'est pas indispensable puisqu'il est déjà défini par le diagramme de la tension P_2 et par les valeurs constantes de λ_2), les diagrammes du rendement η et enfin les diagrammes du facteur de puissance primaire $\cos\varphi_1$.

Pour examiner l'influence de chaque élément caractéristique sur le fonctionnement du système, on a effectué des groupes de mesures, dans lesquelles on fixait successivement aux éléments préchoisis trois valeurs distinctes et l'on maintenait toutes les autres constantes. Ces résultats sont reproduits graphiquement dans les figures 7 à 11. Ainsi, la figure 7 se rapporte à trois séries de mesures effectuées en maintenant constant $P_1 = 210$, $\cos\varphi_2 = 0,77$ à 0,79, $N_2 = 465$, $N_c = 155$, la charge variant seule. La première série est à vide ($\lambda_2 = \infty$), la deuxième pour une charge réduite ($\lambda_2 = 104$) et la troisième pour une charge normale ($\lambda_2 = 54$). Dans le fonctionnement à vide, les tensions partielles $P_{1,1}$, $P_{1,2}$ suivent deux allures symétriques et ont en a, c, e des valeurs égales, si l'on néglige les petites discordances, dues certainement aux différences dans la structure ou dans les propriétés magnétiques des deux transformateurs. En élevant la charge, l'allure de ces courbes se modifie sensiblement dans les deux phases intermédiaires *bc* et *cd* et se rapproche de celle prévue par la théorie. On remarque un notable déplacement de phases entre les deux tensions et une répartition inégale des charges entre les deux transformateurs. La tension secondaire P_2, comme le montre la théorie et les expériences faites, ne subit dans les deux phases extrêmes *ab* et *de* aucune variation sensible, parce que la variation de tension se produit dans les deux phases intermédiaires. Les courants de court circuit I_c, qui à vide sont égaux dans les quatre phases, iront en se différenciant avec la charge; ils croissent dans la troisième phase *cd* (qui est toujours celle où se vérifient les conditions les moins favorables) et diminuent dans les trois autres. Le courant primaire I_1 présente deux maximum en b et en d, soit pour faire équilibre au courant de court circuit dans un des transformateurs, soit pour suppléer la force magnétisante nécessaire à l'autre, qui doit atteindre une saturation presque double de la normale. Dans toutes les conditions, I_2 est proportionnel à P_2. Le diagramme du rendement η est constitué par quatre arcs de courbe tournant leur convexité vers le bas, car, dans les conditions intermédiaires, le rendement diminue par suite de l'énergie dispersée dans le court

circuit; cette diminution présente un maximum dans la troisième phase *cd*. Pour la même raison, le rhéostat de court circuit étant non inductif, le facteur de puissance $\cos \varphi_1$ augmente avec les conditions intermédiaires et plus spécialement avec celles de la phase *cd*.

Les diagrammes de la figure 8 se rapportent aux mesures effectuées pour rechercher les effets de la variation de $\cos \varphi_2$. Dans les trois séries, la tension primaire, le nombre de spires et l'impédance ($\lambda_2 = 53$ ou 54) sont maintenus constants; seul, le $\cos \varphi_2$ variant de 1 à 0,77 à 0,53. Les variations dans les tensions primaires sont peu accentuées et, dans la tension secondaire, P_2 va en diminuant, jusqu'à disparaître à la descente qui se présente au début de la phase *cd*. Le courant maximum de court circuit

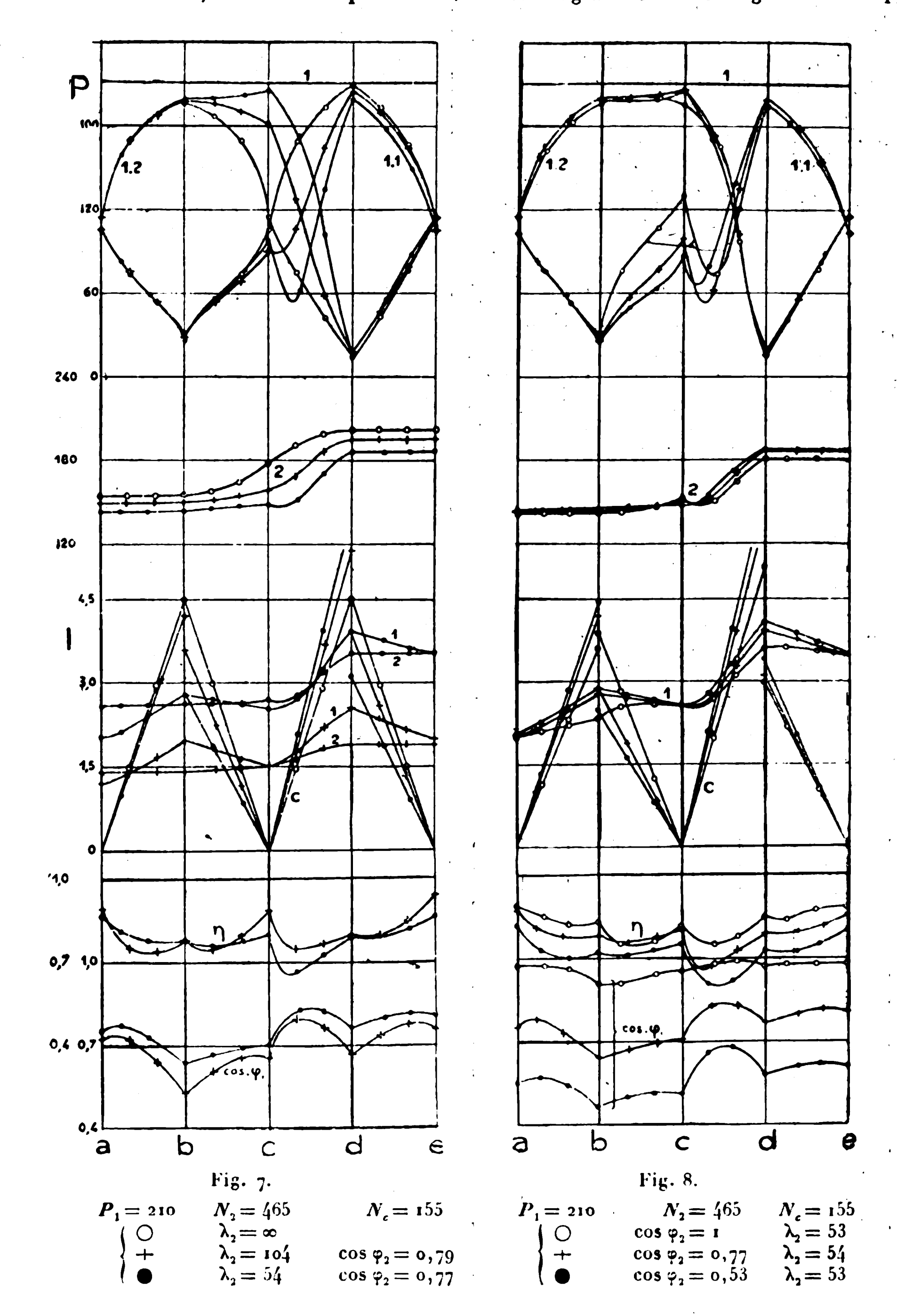


Fig. 7.

$P_1 = 210$ $N_2 = 465$ $N_c = 155$
○ $\lambda_2 = \infty$
+ $\lambda_2 = 104$ $\cos \varphi_2 = 0,79$
● $\lambda_2 = 54$ $\cos \varphi_2 = 0,77$

Fig. 8.

$P_1 = 210$ $N_2 = 465$ $N_c = 155$
○ $\cos \varphi_2 = 1$ $\lambda_2 = 53$
+ $\cos \varphi_2 = 0,77$ $\lambda_2 = 54$
● $\cos \varphi_2 = 0,53$ $\lambda_2 = 53$

(phase *cd*) croît avec la diminution de $\cos \varphi_2$, de même pour le courant primaire I_1. Le rendement, comme dans les transformateurs ordinaires, diminue de quelques pour cent, de même le $\cos \varphi_1$, passant d'une série à l'autre, subit des variations de même ordre de grandeur que celles de $\cos \varphi_2$.

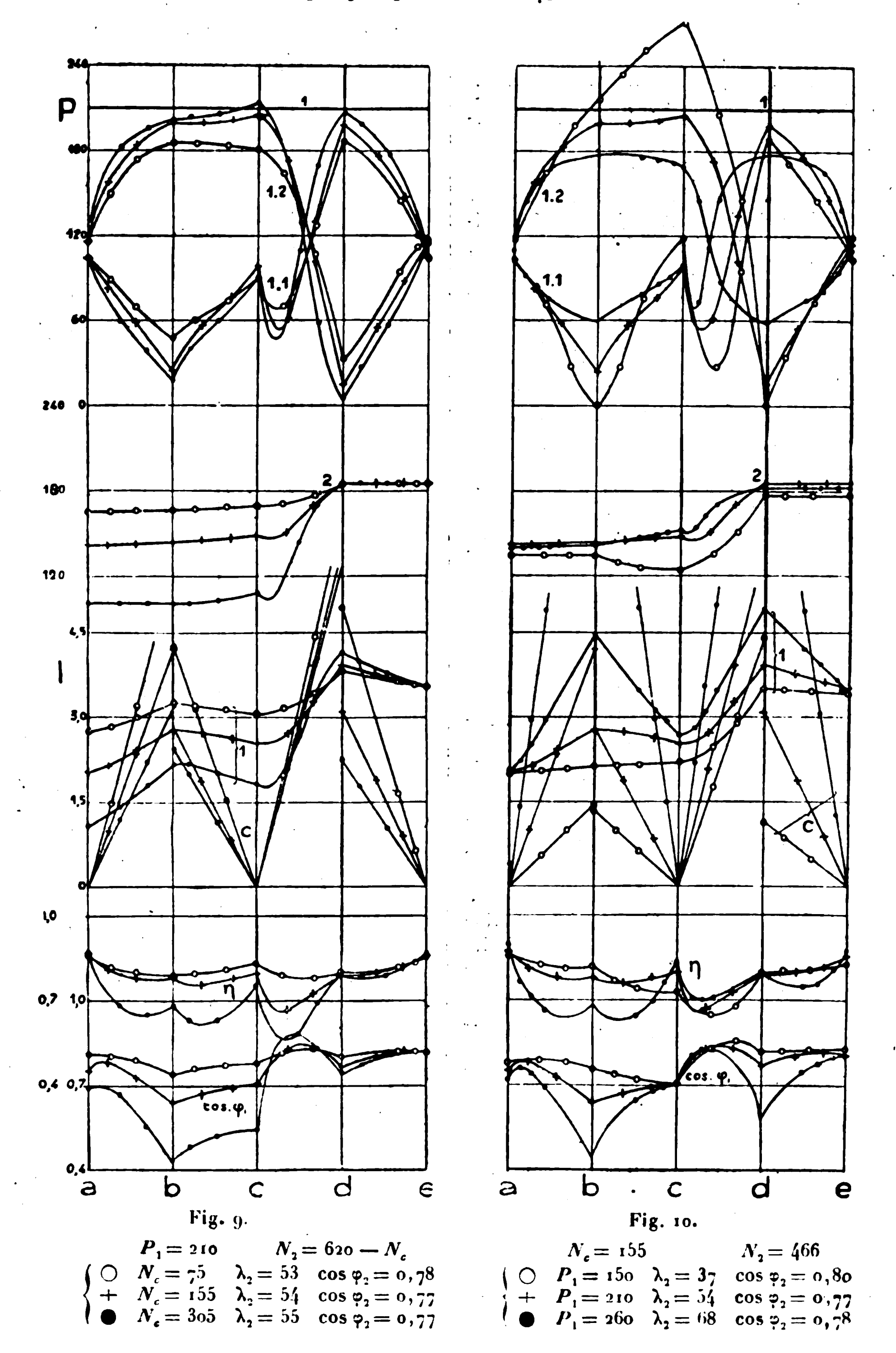


Fig. 9.

$P_1 = 210$ $N_2 = 620 - N_c$

○ $N_c = 75$ $\lambda_2 = 53$ $\cos \varphi_2 = 0{,}78$
+ $N_c = 155$ $\lambda_2 = 54$ $\cos \varphi_2 = 0{,}77$
● $N_c = 305$ $\lambda_2 = 55$ $\cos \varphi_2 = 0{,}77$

Fig. 10.

$N_c = 155$ $N_2 = 466$

○ $P_1 = 150$ $\lambda_2 = 37$ $\cos \varphi_2 = 0{,}80$
+ $P_1 = 210$ $\lambda_2 = 54$ $\cos \varphi_2 = 0{,}77$
● $P_1 = 260$ $\lambda_2 = 68$ $\cos \varphi_2 = 0{,}78$

Dans la figure 9 sont représentés les effets d'un changement dans le nombre N_c de spires, qui sont fermées temporairement en court circuit et, par suite, dans la variation de tension qu'on obtient par le passage de *a* en *ec*. Pour cela, maintenant constante $P_1 = 210$, $\lambda_2 = 53$ à 55, $\cos \varphi_2 = 0{,}77$ à 0,78, on a effectué trois

séries de mesures : l'une avec $\frac{N_c}{N_2} = \frac{75}{545}$ (13,8 pour 100). l'autre avec $\frac{N_c}{N_2} = \frac{155}{465}$ (33,3 pour 100) et la troisième avec $\frac{N_c}{N_2} = \frac{305}{315}$ (97 pour 100). Les courbes des $P_{1,1}$ et $P_{1,2}$ démontrent que les défauts d'équilibre dans la distribution des tensions et de la charge entre les deux transformoteurs sont d'autant plus accentués que le rapport $\frac{N_c}{N_2}$ est plus grand. Les variations de la tension P_2 pendant les phases intermédiaires, deviennent toujours moins uniformes de la première à la troisième série. Par contre, le courant I_c va diminuant, car le nombre N_c de spires traversées par lui étant plus élevé, les mêmes effets magnétiques peuvent être obtenus avec un courant moins intense. Les différences, qu'on observe entre I_c dans les premiers phases sont dues essentiellement aux diverses valeurs des charges, par suite des différents P_2. Aux mêmes raisons, c'est-à-dire la petitesse des charges, sont dues les basses valeurs de η et de cos φ_1, que représente la troisième série entre a et c.

Dans la figure 10 sont représentés les résultats de trois séries de mesures, qui permettent de relever les effets assez importants d'une cause négligée dans la théorie, c'est-à-dire les effets des diverses saturations magnétiques et des diverses perméabilités des noyaux. Pour une telle étude, conservant les valeurs ordinaires à I_2, cos φ_2 et N_c, on a fait varier la tension primaire P_1 de 150 à 210 et à 260 volts auxquelles correspondent, dans les conditions de régime a et e, des valeurs d'induction maxima de l'ordre de 5900, 8250 et 10 200. Pour faciliter les comparaisons, on a modifié dans les figures les échelles des tensions, de façon que la ligne P_1 soit la même pour les trois séries.

On remarque que, dans le cas de $P_1 = 150$, les résultats se rapprochent le mieux de ceux de la théorie. En effet, la tension primaire aux bornes du transformateur qui est en court circuit se réduit presque complètement à zéro, car l'autre atteint une saturation environ double ($B = 1200$ environ) et pour obtenir cela un courant I_c limité suffit. Au contraire, lorsque la saturation croît, un des transformateurs ne peut atteindre une valeur de B_{max} double de celle normale, sans courant magnétisant excessif; la tension aux bornes de l'autre se maintient encore suffisamment élevée, malgré le fort courant de court circuit et celui-ci dans la troisième série monte à une valeur plus que triple de I_2. Pendant la phase bc, la perméabilité encore élevée du fer pour $B = 12000$ à 15000 permet dans la première série à la tension $P_{1,2}$ de monter, en parfait accord avec la théorie, à des valeurs notablement plus grandes que la tension totale P_1, mais cet accroissement est atténué et ensuite supprimé par la diminution de perméabilité, qui se vérifie dans d'autres séries. Ainsi, encore, la tension P_2 présente la caractéristique descente pendant la phase bc seulement dans la première série, mais non dans les autres. Comme il est dit, les courants de court circuit I_c croissent de beaucoup de la première à la troisième série; de même, le courant I_1 doit croître dans les phases intermédiaires pour faire équilibre à I_c et produire les forces magnétisantes élevées nécessaires pour les hautes inductions; par suite, il résulte que le cos φ_1 s'abaisse spécialement en b et en d. De tout cela, on déduit que le fonctionnement du système devient défavorable si les valeurs de l'induction, dans les conditions de régime, comme en a et en e, dépassent 10000.

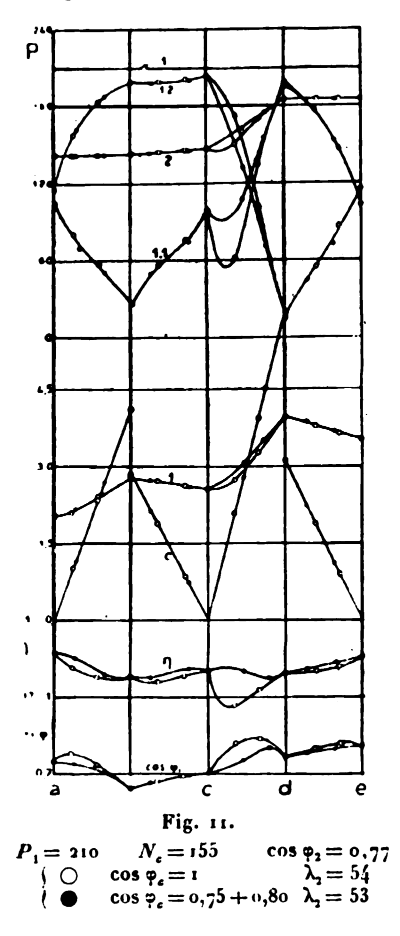


Fig. 11.

$P_1 = 210$ $N_c = 155$ cos $\varphi_2 = 0,77$

○ cos $\varphi_c = 1$ $\lambda_2 = 54$

● cos $\varphi_c = 0,75 \div 0,80$ $\lambda_2 = 53$

Enfin, pour faire encore une vérification de la théorie, à un autre point de vue, on a effectué deux séries de mesures dans les mêmes conditions, mais en employant, dans le court circuit une première fois un rhéostat non inductif (cos $\varphi_c = 1$) et une autre fois un rhéostat inductif (cos $\varphi_c < 1$). Au moyen des résultats on a tracé les diagrammes de la figure 11. Les différences entre ces diagrammes ne sont pas très sensibles, car les rhéostats utilisés dans le deuxième cas n'avaient pas un cos φ_c inférieur à 0,75. On peut considérer néanmoins les déductions théoriques comme confirmées, car les courbes de la figure 11 présentent une analogie d'allure suffisante en comparaison avec celles de la figure 5.

IV. Conclusion. — L'examen théorique et expérimental de l'appareil en question, permet de se rendre compte de ses propriétés plus notables. En comparaison avec un transformateur ordinaire muni de plusieurs prises sur le primaire ou sur le secondaire, il présente plutôt

l'inconvénient d'exiger l'emploi de deux circuits magnétiques, mais cet inconvénient est considérablement atténué en employant un seul noyau comme celui de la figure 4, où la partie centrale n'est traversée par le flux que pendant la manœuvre pour le changement de tension. En second lieu, pour un même nombre de tensions de régime, l'appareil proposé exige un nombre double de prises et de contacts; ensuite, il est sujet, en cas de manœuvre sans rhéostats, à de sensibles variations de courant, particulièrement dans le passage de la condition *c* à la condition *d* (1); enfin ne pouvant être utilisé pour des valeurs normales de l'induction supérieures à 10 000, il ne pourra être employé dans les cas où pour raison de légèreté, on pousse la magnétisation du fer à des valeurs élevées.

D'autre part, l'appareil en question a l'avantage que, si l'on admet une régulation interrompue, il rend superflu l'emploi de rhéostats extérieurs et si l'on utilise ceux-ci, on obtient alors une variation graduelle de la tension. On peut tirer aussi parti de ce dernier fait pour diminuer le nombre des tensions de régimes et, par suite, des prises correspondantes, éliminant ainsi un des inconvénients indiqués. D'autres avantages constructifs peuvent s'obtenir, assurant la régulation du court circuit et, par suite, celle du passage de la puissance de l'un à l'autre transformateur, non déjà aux groupes de spires, qui aboutissent aux prises successives de la tension réglable, mais un groupe spécial de spires, pour chaque transformateur, destiné à cette seule fin.

(1) Dans cette analyse, on n'a pas examiné les effets des chocs de courants, ni de ceux des dispersions magnétiques, puisque ceux-ci variant avec le type de construction adopté et avec la puissance du transformateur, on ne peut tirer par leur considération des conclusions générales, ce qui est le but de la présente étude.

REDRESSEURS.

Sur la découverte par Jamin et Maneuvrier du redressement des courants alternatifs au moyen de l'arc au mercure.

La Revue électrique a publié, dans son numéro du 7 février 1913, un intéressant article de M. Darmois intitulé : *Nouvelle lampe à mercure pour réseaux alternatifs*.

Cet article commence par la phrase suivante : « La découverte la plus importante de Cooper-Hewitt est celle qui se rapporte à l'unipolarité de l'arc au mercure ». L'auteur ajoute en note que, dans des recherches antérieures à celles de Cooper-Hewitt, M. Blondel avait signalé, dès 1901, que l'arc entre cuivre et charbon pouvait être utilisé pour redresser les courants alternatifs.

Je désire faire remarquer que l'emploi de l'arc charbon-cuivre ou mieux, de l'arc charbon-mercure, comme redresseur de courants alternatifs, a été signalé dès 1882 de la manière la plus nette par Jamin et Maneuvrier. On trouvera la description de leurs expériences au Tome I (2e série, p. 437) du *Journal de Physique*.

Après avoir montré par diverses expériences la dissymétrie de l'arc au mercure, les auteurs indiquent que cet arc, intercalé sur le circuit d'une machine Gramme à courants alternatifs, ne laisse plus passer les courants que dans un seul sens. Ils ajoutent : « La machine qui était incapable de décomposer l'eau, devient capable de le faire; elle peut, comme les piles, déterminer toutes les actions chimiques que l'on voudra, aimanter le fer doux, réduire les métaux, transporter la force, en un mot, remplacer une machine à courants continus dans ses applications ».

Voici la conclusion de cette remarquable étude : « Il y a deux types de machines magnéto-électriques : les unes peuvent donner directement des courants de sens constant; les autres ne peuvent engendrer que des courants alternatifs; elles ne sont applicables qu'à la production de la lumière. On a vainement essayé de les employer aux travaux chimiques en redressant les courants par un commutateur. On voit que ce commutateur pourrait être remplacé automatiquement par un ou plusieurs arcs formés entre un bain de mercure et une pointe de charbon. »

Daniel BERTHELOT.

ACCUMULATEURS.

Perfectionnements aux cloisons séparatrices pour accumulateurs électriques (1).

L'invention concerne l'utilisation des espèces de bois suivantes dans le but de constituer avec ces bois des cloisons séparatrices pour accumulateurs électriques. Les catégories de bois qui conviennent le mieux d'après les brevets sont généralement classées dans les *Taxodineæ*, et plus particulièrement dans les genres de *Taxodium* et *Sequoia*, et plus spécialement encore dans les espèces *Taxodium distichum* (cyprès américain) et *Sequoia sempervirens* (bois rouge de Californie).

Ces bois ne se gonflent pas lorsqu'ils sont humides et par conséquent lorsqu'ils redeviennent secs ils ne se contractent pas, ne se gauchissent pas. Suffisamment poreux pour absorber l'électrolyte et permettre un passage libre au courant, ils sont imperméables aux boues des éléments.

Les séparateurs construits avec ces bois peuvent être séchés, bien qu'ils aient été préalablement traités par des solutions acides ou alcalines comme cela se pratique ordinairement. Même après ce traitement, ils conservent une solidité mécanique suffisante. Ce traitement n'est d'ailleurs pas absolument indispensable, car les bois en question contiennent peu de matières nuisibles susceptibles d'attaquer le plomb.

T. P.

DIVERS.

Machines à rainurer les collecteurs de la Compagnie Thomson-Houston.

On sait que pour le bon fonctionnement des collecteurs, le mica qui en sépare les lames ne doit ni faire saillie, ni

(1) William TAYLOR, Brevets français 438 028 et 438 029 du 22 décembre 1911.



présenter un creux exagéré : conditions qu'on réalise en raclant ou en rainurant les collecteurs.

La figure 1 représente un type portatif de machine établi pour la Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston dans le but de permettre d'exécuter ce travail avec précision sur tous ses moteurs de traction. Cette machine s'applique aisément à l'arbre de l'induit à l'aide des colliers à vis; elle est munie de butées réglables qui limitent le déplacement de la scie et s'opposent à ce qu'elle dépasse la partie du collecteur sur laquelle frottent les balais. Un arbre articulé lui permet de pratiquer plusieurs rainures sans déplacer chaque fois l'induit ou la machine, aussi bien que de rainurer les collecteurs dont les lames ne sont pas rigoureusement parallèles à l'arbre. On peut d'ailleurs déplacer facilement à la main la scie d'une rainure à une autre sans desserrer les colliers de support de l'appareil.

L'appareil peut être commandé d'une position quelconque, grâce aux joints articulés, soit par courroie, soit par moteur. Dans ce dernier cas le moteur a une puissance d'un huitième de cheval; sa vitesse angulaire est de 1200 à 1800 t : m.

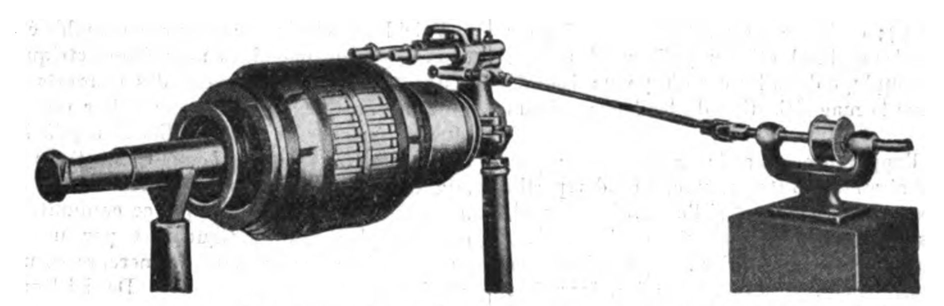


Fig. 1. — Machine à rainurer les collecteurs; type portatif en service.

La figure 2 montre un type fixe destiné aux ateliers d'entretien des grands réseaux de traction. Ce type comporte une base de forme allongée portant à chaque extrémité un palier dont la partie supérieure, en forme de V, permet de supporter l'arbre de l'induit; ces paliers sont munis de rouleaux; un des paliers est réglable à volonté. La machine à rainurer est portée par un support qu'on peut déplacer verticalement ou angulairement; ce dernier réglage est utile lorsque les barres des collecteurs ne sont pas exactement parallèles à l'arbre de l'induit. On voit sur la figure que la scie rotative est montée sur le prolongement de l'arbre, au delà d'un palier extérieur, ce qui permet de rainurer les collecteurs à ailettes.

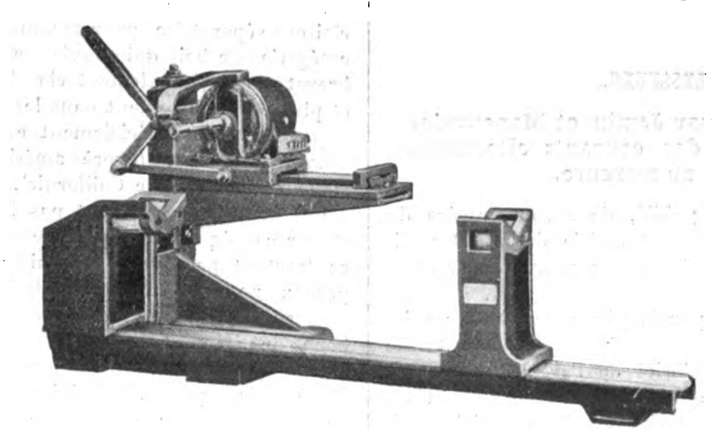


Fig. 2. — Machine à rainurer les collecteurs; type fixe.

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

La locomotive monophasée Thomson-Houston des Chemins de fer du Midi.

Cette locomotive fait partie du groupe des machines commandées par les Chemins de fer du Midi pour faire des essais comparatifs de traction monophasée sur une ligne d'expérience équipée suivant divers types de lignes aériennes décrits en détail dans *La Revue électrique* [1] pour un courant de 12 000 volts et 16,6 p : s.

Elle devait, comme celles déjà décrites dans la *Revue* [2], satisfaire au programme posé par la Compagnie du Midi : pouvoir démarrer sur le profil de la ligne un train de 400 tonnes, locomotive non comprise; pouvoir remorquer à la vitesse de 40 km : h un train de 280 tonnes et à la vitesse de 60 km : h, un train de 100 tonnes; pouvoir obtenir à la descente une vitesse variable à volonté entre la vitesse d'ascension et la moitié de celle-ci, en faisant de la récupération sur la ligne. Les moteurs, au nombre de deux, doivent pouvoir développer chacun 600 chevaux pendant 6 heures, 25 pour 100 de plus pendant 1 heure, et pendant 60 secondes le courant correspondant à un effort de traction de 12 500 kg au démarrage, 8000 kg à la vitesse de 45 km : h et 4200 kg à la vitesse de 60 km : h. Enfin certaines dispositions et dimensions de construction sont imposées.

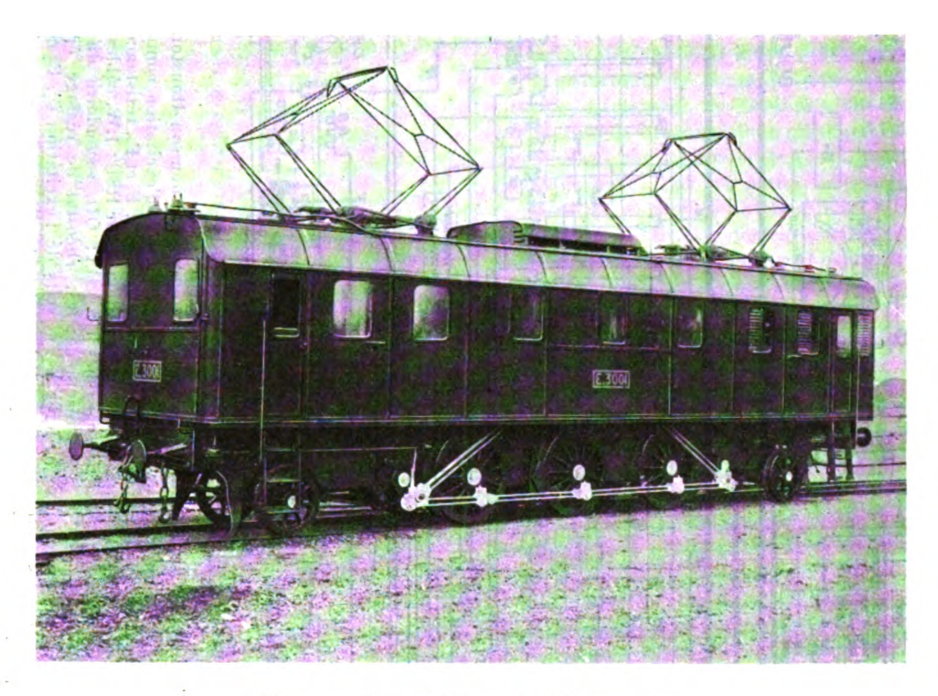


Fig. 1. — Vue extérieure de la locomotive.

Cette locomotive dont la figure 1 donne la vue d'ensemble, a 13,74 m de longueur totale entre tampons et 9,66 m d'empattement totale. Elle est supportée par trois essieux moteurs à roues de 1,31 m et deux essieux porteurs extrêmes à roues de 0,85 m. La prise du courant de ligne à 12 000 volts se fait par deux archets pantographiques très légers, maintenus soulevés par des ressorts et pouvant être abaissés par une commande pneumatique; ils peuvent être employés simultanément ou séparément, mais généralement un seul est en usage. Sur le toit de la voiture se trouve un câble à haute tension (12 000 volts) posé sur des isolateurs semblables à ceux de la ligne de travail. Ce câble (*voir* schéma de la figure 2 ou schéma simplifié de la figure 3 ainsi que les schémas des positions des contacteurs de la figure 4) réunit les deux pantographes N, pour pénétrer à l'intérieur du véhicule, où il est constamment logé dans un tube en fer. Il traverse un fusible H (*fig.* 2) du type Thomson-Houston à explosion, prévu pour 15 000 volts et 200 ampères, puis un interrup-

[1] *La Revue électrique*, t. XV, 12 mai 1911, p. 429-439.

[2] *Locomotive Westinghouse* (t. XV, 26 mai 1911, p. 474); *Locomotive des Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est* (t. XVI, 14 juillet 1911).

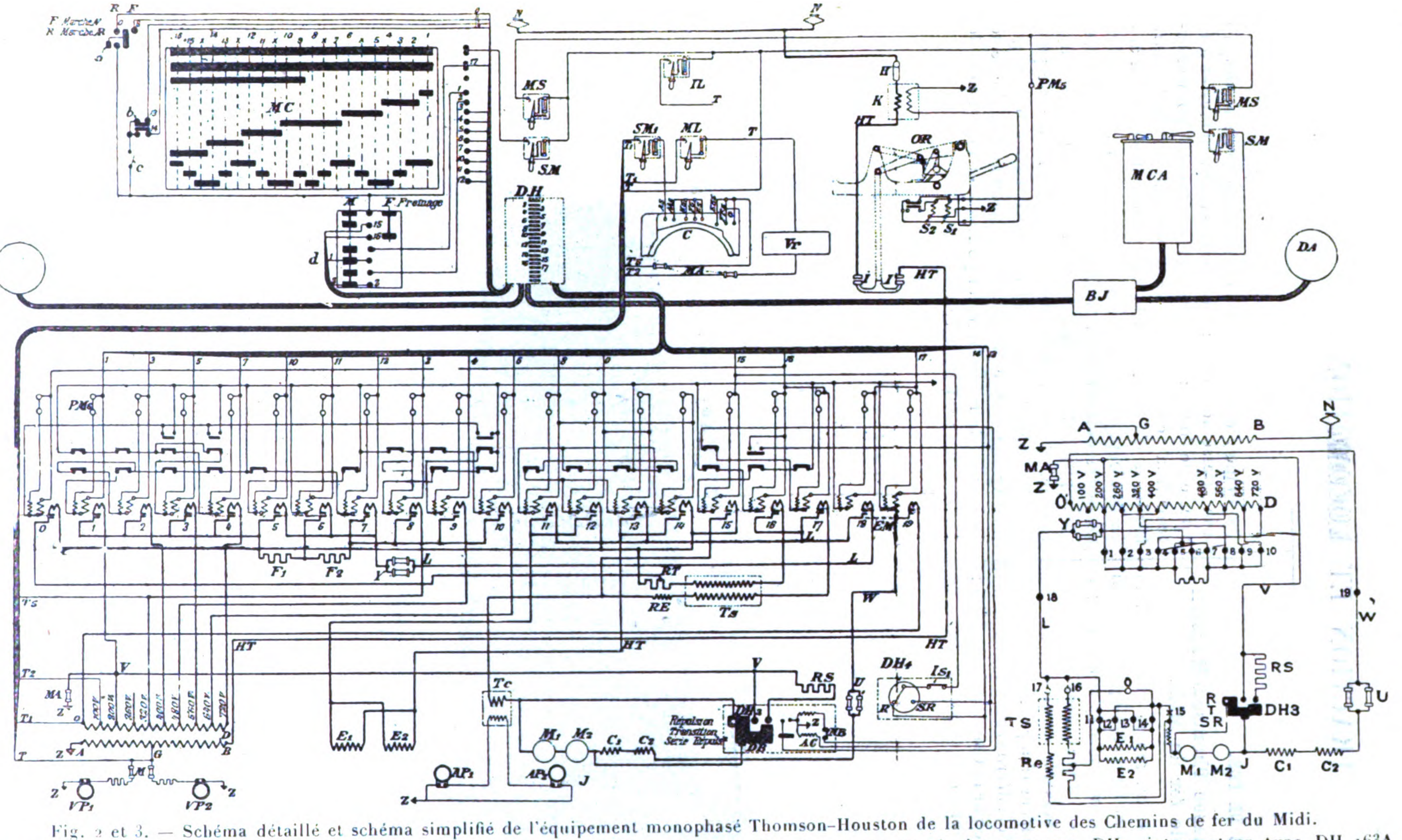


Fig. 2 et 3. — Schéma détaillé et schéma simplifié de l'équipement monophasé Thomson-Houston de la locomotive des Chemins de fer du Midi.

AB, primaire à 12000 volts; ABOD, transformateur principal; C_1 et C_2, enroulements d'excitation compensée des moteurs; DH_3, interrupteur type DH 163A (répulsion-série-répulsion); E_1 et E_2, enroulements d'excitation principale des moteurs; F_1 et F_2, résistance de transition; G, dérivation à 600 volts du primaire AB; J, jonction des induits et des circuits compensateurs commandée par le commutateur RSR; LW, câbles du circuit de marche en série-répulsion; MA, fusibles des divers circuits; M_1 et M_2, induits des moteurs; NN, pantographes US 123A; OD, secondaire du transformateur principal; R, abréviation de répulsion (R..); SR, abréviation de série-répulsion (S... R..); Re, réactance; RS, rhéostat de réglage (répulsion-série-répulsion); TS, transformateur interposé lors du freinage; U ou Y, fusible de circuits principaux; V, ligne à 200 volts de l'excitation C_1, C_2 compensée; WL, câbles du circuit de marche en série-répulsion; Z, terre. AP_1 et AP_2, ampèremètres des postes de commande P_1 et P_2; AC, électro de commande du clapet de commutateur RSR; BJ, boîte à 20 branchements; C, compresseur; DA, coupleur à 20 contacts; DB, relais pour changer les connexions série-répulsion en série-compensée ou inversement; DH, boîte de sectionnement général à 20 connexions; DH_4, interrupteur type DH 164A; EM, enclenchement des contacteurs 18-19; H, fusible à explosion, type T, forme D., 12000 volts-200 ampères; HT, circuit intérieur à 12000 volts; II, contacts de rupture du circuit 12000 volts dans l'interrupteur à huile OR; IL, interrupteur d'éclairage; IS_1, interrupteur d'isolement pour substituer l'un à l'autre mode de commande du commutateur RSR; K, transformateur-série type D_{21} pour déclenchement de l'interrupteur à l'huile OR en cas de surcharge sur l'électro S_1, rapport de transformation 40/12, capacité 200 ampères; M, fusibles de voltmètre (VP_1 ou VP_2 suivant le poste); MC, un des contrôleurs en développement (*voir* à la fin de la légende *a*, *b*, *c*, *d*); MCA, l'autre contrôleur; ML, interrupteur du groupe ventilateur Vr_2, sur la ligne sous câble T_1, T_2 à 100 volts; MS désigne chacun des deux interrupteurs commandant l'interrupteur à huile à haute tension; OR, interrupteur à huile à enclenchement manuel (direct ou pneumatique) et à déclenchement électrique automatique ou déterminé par le conducteur; PM_5, tube de rhéostat type 5; PM_6, tube de rhéostat type 6; S_1, électro de déclenchement de l'interrupeur OR à 12000 volts en cas de

surcharge; S_2, électro de déclenchement de l'interrupteur OR à 12000 volts, pour la transmission électrique de sa commande manuelle à distance; SM, chacun des deux interrupteurs du circuit de commande (par la ligne sous câble TT à 600 volts); SM_1, interrupteur du groupe compresseur C sur la ligne sous câble T_1, T_5 à 320 volts; Tc, transformateur du courant pour les ampèremètres des deux postes de commande AP_1, AP_2; T_5 transformateur interposé lors du freinage; TG, lignes alimentées par la dérivation G à 600 volts; VP_1 et VP_2, voltmètres des postes de commande P_1 et P_2, tension 750 volts, échelle 14000 volts, type R_3, montés sur suspension élastique en plan vertical; Vr, ventilateur. — *Organes accessoires du contrôleur* NC : *a.* cylindre de changement de marche enclenché pour ne pas pouvoir être changé de position, à moins que le cylindre principal et le cylindre de freinage ne soient ouverts, et pour que ces autres cylindres ne puissent être manœuvrés quand il est à l'arrêt; *b*, interrupteur à utiliser dans les cas où RSR doit être manœuvré à la main. Il suffit d'appuyer la main jusqu'à ce qu'il s'enclenche pour donner la connexion répulsion. Cet interrupteur s'ouvre automatiquement en arrivant au cran 9 pour donner la position série-répulsion et reste ainsi à moins qu'on n'appuie de nouveau; *c*, interrupteur à ouvrir pour le passage automatique répulsion-série-répulsion et *vice versa*, et à fermer pour la manœuvre à la main en cas de nécessité; *d*. enclenchement réglable du cylindre principal et du cylindre de freinage. Le cran 1 correspond à la position dans laquelle le cylindre principal est enclenché pour ne pouvoir dépasser une position déterminée si le cylindre de freinage est à la position « freinage ». Le cran 2, à la position dans laquelle le cylindre de freinage est enclenché, pour ne pouvoir être actionné que si le cylindre principal est à la position coupure. Enclenchement amovible. — N. B. Ces contacts s'ouvrent quand le solénoïde AC fonctionne.

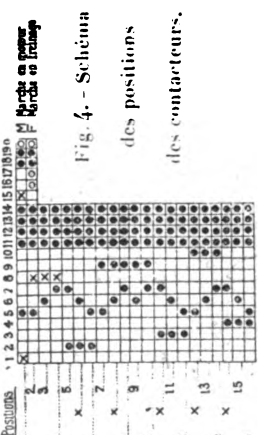


Fig. 4. - Schéma des positions des contacteurs.

(*Fig.* 4). La désignation des contacteurs fermés à tout instant, par rapport aux crans de contrôleurs correspondants, est donnée par les signes : × pour la période de fonctionnement en moteur; ○ pour la période de fonctionnement en freinage; ● pour l'une et l'autre période. Les crans numérotés 0 à 19 correspondent : n°s 0 à 13 au cylindre principal; n°s 13 à 19 au cylindre de freinage; les positions désignées à la gauche du tableau dans la colonne XX correspondent à des crans du contrôleur sur lesquels on ne reste pas, leur seule fonction étant d'insérer lors du passage au cran suivant la résistance F_1, F_2 (*fig.* 3); ces positions ne sont pas marquées par des arrêts de la grande manette du contrôleur. Les deux colonnes voisines indiquent par des chiffres : celle de gauche, les positions sur lesquelles la marche peut être maintenue indéfiniment; celle de droite, les positions dans lesquelles le rhéostat est intercalé en série avec les moteurs.

teur à huile I-OR. Cet appareil, dont les tiges porte-contact I sont actionnées par un levier coudé est enfermé dans une armoire cadenassée, à l'intérieur de la caisse du véhicule. Il peut être commandé, soit directement à la main, soit à l'air comprimé, par la manœuvre de l'un des deux petits interrupteurs MS placés dans les deux cabines de manœuvre situées aux extrémités de la locomotive. Le déclenchement se produit par l'action d'un électro-aimant S_2 situé au-dessous des leviers, à côté d'un second électro-aimant S_1. Celui-ci, branché dans le circuit secondaire d'un petit transformateur K, dont le primaire est en série dans le circuit principal à haute tension, provoque le déclenchement de l'interrupteur OR-I en cas de surcharge dans le courant total pris par la locomotive. Le circuit à haute tension se termine par le primaire BA (*fig.* 2 et 3) du transformateur principal BAOD.

Ce transformateur est enfermé complètement dans une caisse en tôle renforcée par des croix de Saint-André et fixée à l'intérieur du véhicule. Il est à bobines plates, du type à ventilation forcée à l'air, avec deux circuits de ventillation, l'un pour les bobines, l'autre pour les tôles. Une dérivation G à 600 volts, prise sur le primaire du transformateur, alimente par des fils T (*fig.* 2) les circuits d'éclairage, les bobines des contacteurs et la commande de l'interrupteur principal OR. Elle peut être coupée dans ces trois circuits par le petit interrupteur IL pour l'éclairage, par les petits interrupteurs SM pour les contacteurs, et par les interrupteurs MS pour l'interrupteur principal OR. La dérivation G dessert en outre les voltmètres VP_1 et VP_2 gradués jusqu'à 14000 volts et montés sur suspension élastique dans les cabines de manœuvre.

Le circuit secondaire OD du transformateur principal possède 10 bornes donnant 9 valeurs de tension croissante, de 100 à 720 volts. La dérivation à 100 volts est utilisée seulement par les fils T_1 T_2 et l'interrupteur ML pour alimenter le moteur actionnant le ventilateur V, produisant l'air de soufflage du transformateur. La dérivation à 320 volts alimente, par les fils T_1 T_5, un moteur à répulsion actionnant le compresseur C qui fournit de l'air comprimé, à la pression de 4 kg : cm², à un réservoir principal. Si ce dernier se trouvait vide au moment d'une sortie de la locomotive, on pourrait lui fournir la petite quantité d'air nécessaire à la manœuvre des pantographes par une petite pompe à main. Les autres dérivations de 200 à 720 volts desservent les moteurs, par l'intermédiaire des contacts des contacteurs 0 à 19.

Les deux moteurs de la locomotive, dont la figure 5 donne la vue dans les ateliers, sont montés, comme le montre la figure 6, à l'intérieur et au milieu de la caisse; ils prennent appui sur le châssis du véhicule. Ces deux moteurs sont reliés par des bielles à deux axes auxiliaires qui, eux-mêmes, actionnent par bielles les trois essieux moteurs. Le centre de gravité de la locomotive se trouve à peu près à la même hauteur que dans une machine à vapeur. Les moteurs, couplés en permanence en série, sont du type série compensés. Les induits $M_1 M_2$ (*fig.* 2) sont bobinés en tambour. Les inducteurs portent deux enroulements produisant des flux décalés de 90° : les enroulements principaux d'excitation E_1, E_2, couplés en

parallèle entre eux mais en série avec les induits et les enroulements compensateurs C_1, C_2 couplés en série et produisant un flux dans la direction de la ligne des balais. Ces derniers enroulements sont alimentés à la tension

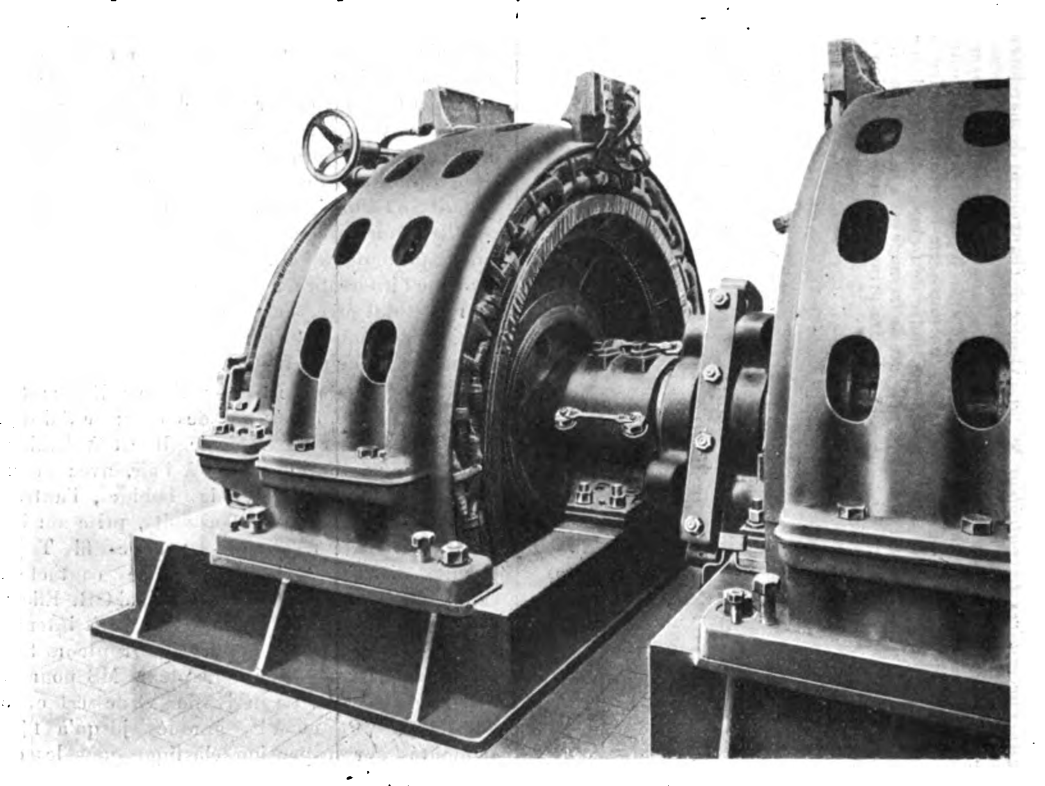


Fig. 5. — Vue d'un moteur à l'atelier.

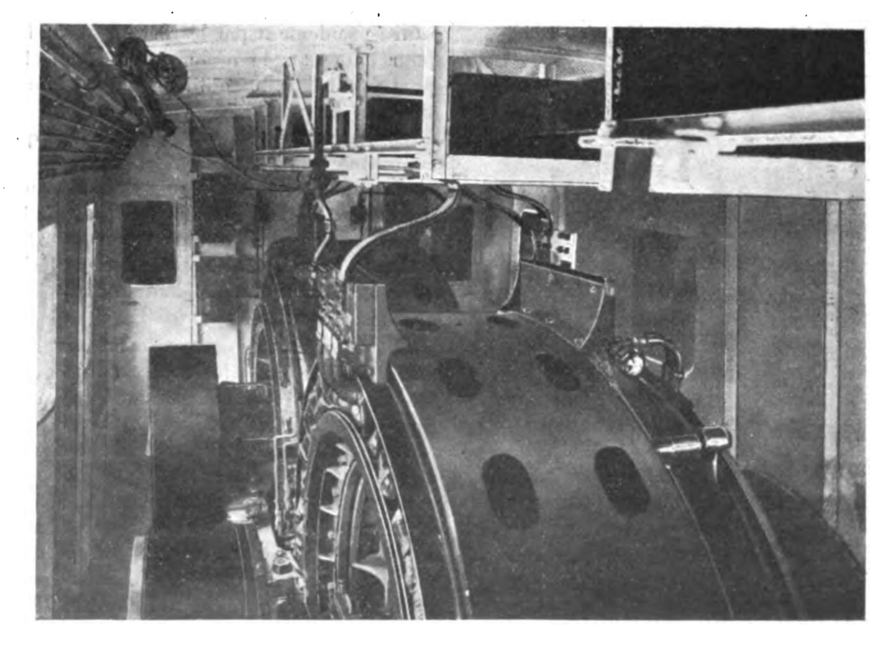


Fig. 6. — Vue intérieure du milieu de la locomotive.

constante de 200 volts par la dérivation V prise sur le secondaire du transformateur principal, comme le représente pour un moteur unique le schéma de la figure 7. Les moteurs, qui ont 20 pôles, fonctionnent une grande partie du temps au-dessus du synchronisme, qui est atteint à la vitesse angulaire de 100 tours par minute correspondant à une vitesse de marche de 25 km : h; les étincelles que pourrait provoquer la f. é. m. induite statiquement dans les sections en commutation sont évitées par la f. é. m. induite dynamiquement par le flux de compensation. Si la dérivation à 200 volts desservant les

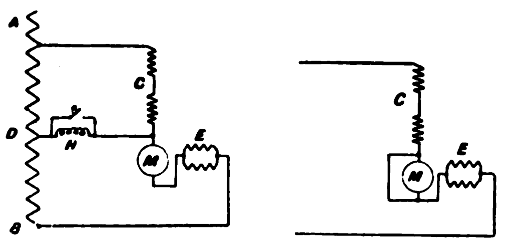


Fig. 7. — Couplage d'un moteur en série compensé.

Fig. 8. — Couplage d'un moteur en répulsion.

enroulements compensateurs C_1, C_2 (*fig.* 2) venait à être interrompues en cours de route, la commutation des moteurs deviendrait défectueuse; aussi n'a-t-on mis aucun fusible sur la dérivation V. Afin d'obtenir une commutation aussi bonne que possible et un couple élevé au

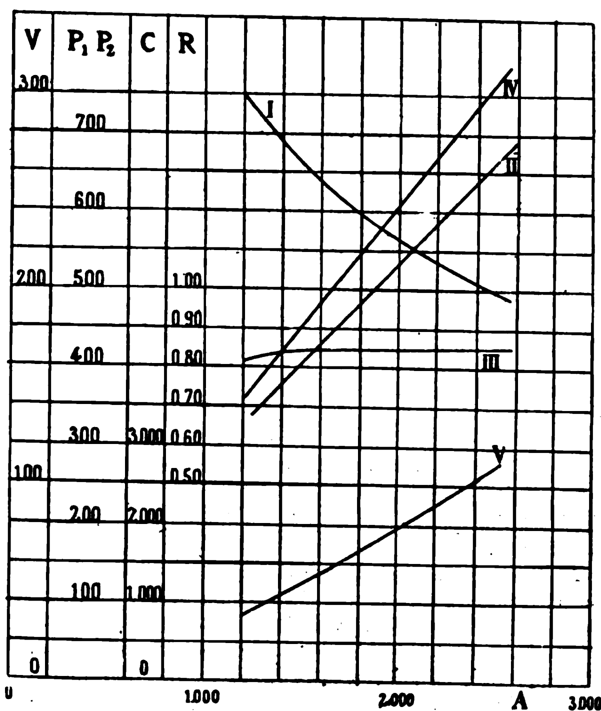


Fig. 9. — Courbes d'essai d'un des moteurs.

I, vitesse (échelle V). — II, puissance totale fournie au moteur en kw (échelle $P_1 P_2$). — III, rendement (échelle R). — IV, puissance effective en chevaux (échelle P_2). — V, couple (échelle C).

démarrage, on effectue celui-ci avec un couplage des moteurs en répulsion. Ce couplage, représenté schématiquement pour un moteur sur la figure 8, est réalisé en court-circuitant l'induit et en couplant les enroulements compensateurs C en série avec l'induit et les enroulements d'excitation E sur le secondaire du transformateur principal. Avec ces connexions, le rapport des ampères-tours du stator et de ceux du rotor est tel que les induits sont parcourus par un fort courant mais traversés par un flux faible, conditions favorables au début à une bonne commutation, mais qui ne le seraient plus au delà du synchronisme; c'est pourquoi on change à ce moment le couplage des inducteurs et de l'induit de la manière indiquée plus haut. Divers degrés de vitesse sont obtenus

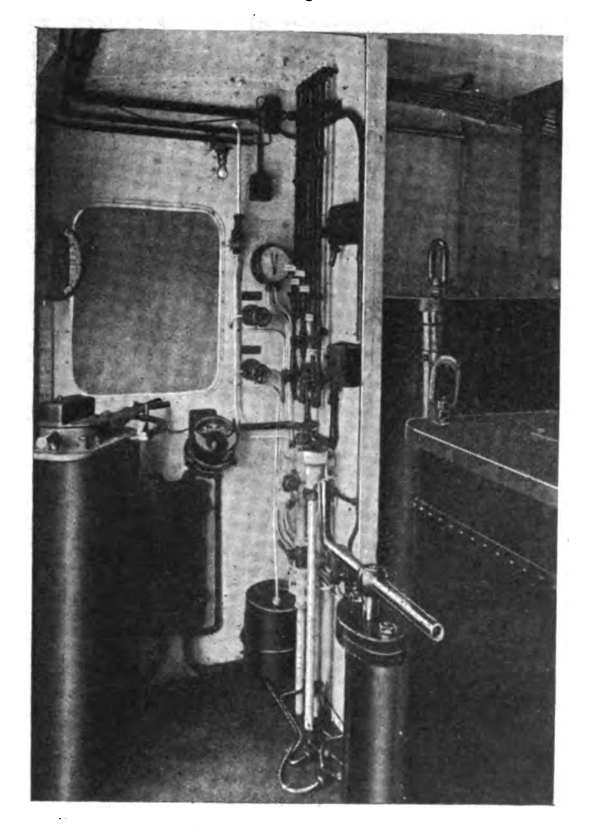


Fig. 10. — Vue d'une des cabines de manœuvre.

dans le couplage série compensé des moteurs, par application de tensions croissantes de 200, 260, 320, 400, 480, 560, 640 et 720 volts fournies par les diverses divisions du secondaire du transformateur principal. Le passage d'une position à l'autre se fait avec intercalation momentanée de résistances F_1 F_2 (*fig.* 2); ces connexions intermédiaires, qui ne sont maintenues que juste le temps nécessaire au passage d'une position à la suivante, sont marquées X sur le schéma de la figure 4 tandis que les positions stables portent des numéros. Ce rhéostat de passage est situé dans la locomotive, au-dessus du transformateur et entre les deux rangées de contacteurs.

Le freinage se fait en renversant les connexions des

moteurs couplés en série compensé, mais avec intercalation d'un transformateur spécial TS (*fig.* 2 et 3) dont le primaire est relié aux inducteurs E_1, E_2 et le secondaire aux induits M_1, M_2 et aux enroulements de compensation C_1, C_2 couplés en série avec interposition d'une résistance réactive R_r. Ce transformateur est destiné à empêcher la formation dans les moteurs d'un courant continu d'auto-excitation qui pourrait les griller. La f. é. m. du moteur est d'autant plus élevée et le courant d'excitation plus faible à la descente que la vitesse est plus forte; à ce moment la récupération peut atteindre 40 à 45 pour 100 de l'énergie absorbée à la montée. A mesure que la vitesse du train diminue, la f. é. m. diminue, le courant d'excitation augmente, le facteur de puissance et le rendement diminuent, mais le couple retardateur reste constant jusqu'à la vitesse o et produirait même la marche arrière si on le maintenait au delà de l'arrêt.

La figure 9 donne des courbes d'essai à l'atelier de l'un des moteurs de la locomotive.

L'inversion du sens de la marche se fait en changeant le sens du courant dans les inducteurs principaux des moteurs au moyen des contacteurs 11 à 14; 11 et 13 correspondant à la marche dans un sens, 12 et 14 à la marche en sens inverse; des enclenchements existant entre ces deux séries de contacteurs empêchent que ceux correspondant à un sens de marche se ferment si, pour une raison quelconque, les autres ne sont pas ouverts.

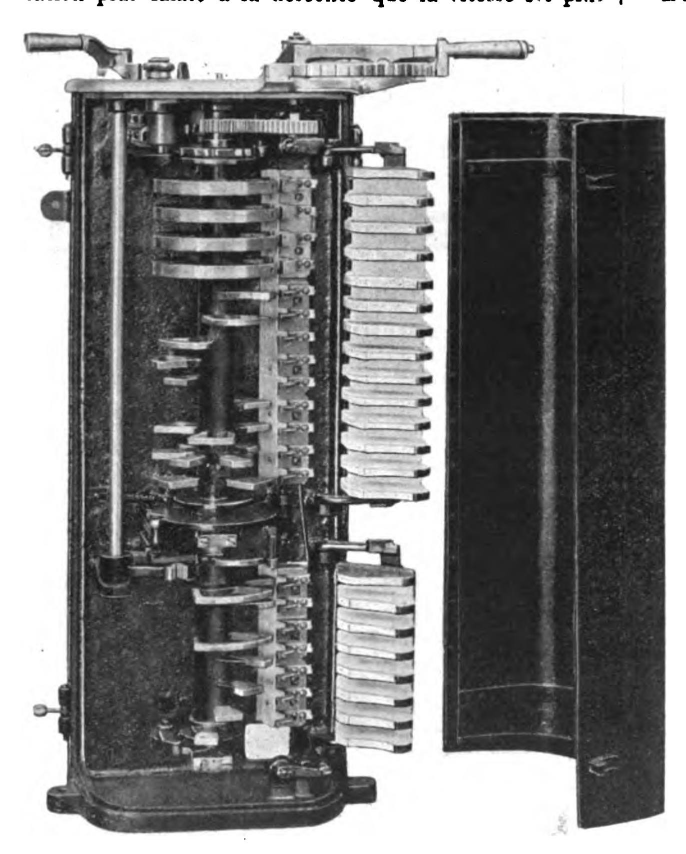


Fig. 11. — Vue du manipulateur.

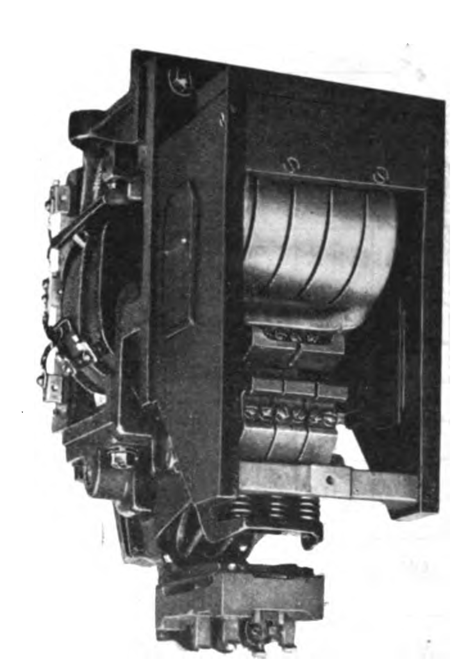


Fig. 12. — Vue d'un contacteur.

La commande de la locomotive se fait de deux cabines extrêmes dont la figure 10 donne la vue. Chaque cabine renferme un manipulateur (représenté en figure 11) à trois cylindres et trois poignées correspondant à l'inversion, au freinage et à l'accélération. On effectue le démarrage en plaçant la poignée de l'inversion et celle de freinage dans la position convenable, puis en tournant la poignée principale. Pour réaliser le freinage, on laisse en place la poignée d'inversion, on ramène au zéro la poignée principale et l'on pousse la poignée de freinage sur le cran de freinage.

Toutes les combinaisons de circuits sont réalisées par des contacteurs électromagnétiques au nombre de 20, dont la figure 12 donne la vue. Ils sont constitués par des tôles minces découpées en forme de U pour les électros et en forme de L pour l'armature mobile. Une des branches de celle-ci porte les contacts principaux; l'autre, les contacts auxiliaires servant à réaliser les enclenchements entre les divers contacteurs; les dispositifs ordinaires de soufflage magnétiques permettent la coupure, à la tension de 450 à 800 volts, de courants atteignant une intensité de 3000 ampères. Les 20 contacteurs sont disposés en deux rangées horizontales à l'intérieur de la caisse du véhicule.

La figure 4 indique schématiquement quels sont les



contacteurs fermés dans les différentes positions que peut prendre le manipulateur; la vérification peut en être faite en suivant les fils des figures 2 et 3. Les contacteurs **11** à **14**, comme il a été dit plus haut, servent à l'inversion du sens de marche. Les contacteurs principaux **18** et **19** commandent l'ensemble des circuits principaux; un enclenchement mécanique existe entre eux, pour que l'ouverture accidentelle du **19** entraîne celle du **18**, afin d'éviter la mauvaise commutation qui se produirait dans le cas d'interruption par ouverture du **19** du circuit des enroulements de compensation C_1 C_2. (Dans le même but, le fusible U est réglé de façon à ne fonctionner qu'en cas de court circuit franc; c'est le fusible Y, réglé beaucoup plus bas, qui coupe le courant principal en cas de surcharge des moteurs.) Les contacteurs **1**, **2**, **3**, **4**, **8**, **9**, **10** servent à la mise en marche et à l'accélération. Les trois contacteurs **5**, **6**, **7** servant à l'intercalation des résistances F_1 F_2 pour le passage d'une tension à la suivante. Les contacteurs **15**, **16**, **17** et **0** sont utilisés pour le freinage : le n° **15** sépare les inducteurs E_1 E_2 du circuit des moteurs, le n° **16**, les relie au primaire du transformateur TS et à une résistance R' (lettre oubliée sur la figure 2); le n° **17** ferme le secondaire de ce transformateur et la résistance de réactance R_e en série avec lui, sur les induits M_1 M_2 et les enroulements de compensation; enfin le contacteur O shunte une partie de la résistance R' aux derniers crans.

En outre des contacteurs ordinaires, qui sont tous actionnés électriquement, l'équipement comprend encore un commutateur spécial électropneumatique réalisant le passage du couplage en répulsion au passage en série compensé. Cet appareil, DH_3, se compose de trois contacteurs comportant entre les deux positions définitives R et SR une position de transitionT pendant laquelle une résistance RS est intercalée dans la connexion V reliant la borne à 200 volts du transformateur principal aux enroulements de compensation C. Dans le cas de charge statique du circuit des moteurs, cette charge s'écoule à la terre par le circuit à 200 volts V, M, A, Z dans lequel se trouve le fusible MA qui fonctionne lorsqu'un défaut d'isolement se produit entre les enroulements de l'un des moteurs et la masse. Le commutateur de changement de couplage est actionné par un piston pneumatique commandé par un électro-aimant AC (*fig.* 2). La commande peut avoir lieu automatiquement ou à la main; si l'on veut qu'elle soit automatique, on laisse l'interrupteur *c* ouvert; si l'on veut la faire à la main, on met l'interrupteur *c* à la position de fermeture et l'on appuie sur le commutateur *b* au moment où l'on veut établir le couplage en répulsion.

La locomotive monophasée des Ateliers du Nord et de l'Est, des Chemins de fer du Midi.

La description de cette locomotive a été donnée dans ces colonnes en juillet 1911 [1]. Nous nous bornerons à indiquer les résultats des essais auxquels elle a été soumise sur la ligne de Villefranche à Ille-sur-Tet.

[1] *La Revue électrique*, t. XVI, 14 juillet 1911, p. 25-34.

Essais de roulement. — Les premiers essais effectués sur la locomotive furent des essais de résistance au roulement en palier et en pente de 9 mm : m.

En tenant compte de l'inertie des parties tournantes qui sont de :

1° 910 kg : m² pour chaque moteur;
2° 1930 kg : m² pour chaque essieu-moteur;
3° 510 kg : m² pour chaque essieu-porteur,

on obtient les formules suivantes pour résistance au roulement

$$R = \frac{V_1^2 - V_2^2}{L} \qquad (0,595 \text{ en palier});$$

$$R = 9\frac{V_2^2 - V_1^2}{L} \qquad (0,595 \text{ en pente de } 9 \text{ mm : m}),$$

V_1 et V_2 étant les vitesses extrêmes pour un parcours L, la locomotive étant abandonnée à elle-même.

La résistance R est exprimée en kilogrammes par tonne si les vitesses sont exprimées en mètres par seconde et les longueurs en mètres.

L'augmentation d'inertie due aux parties tournantes pour les variations de vitesse est d'environ 16,5 pour 100 de celle correspondant au poids de la locomotive.

En appliquant ces formules aux mesures effectuées avec un chronographe sur des parcours de 100 m et 50 m, on obtient les résultats suivants :

	Vitesse en km : h.									
	5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	45.	50.
R en kg : t.	3,75	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,75	5	5,35	5,8

Ces nombres correspondent à des résultats qui comprennent toutes les résistances dues aux influences extérieures et en particulier celle due à la déformation de la voie.

Essais de vitesse. — La partie du profil la plus dure est la rampe de 17 mm : m entre Marquixanes et Prades sur une longueur d'environ 5,3 km; on y rencontre en outre des courbes nombreuses. Dans cette rampe, lors des essais officiels, la vitesse de régime n'est jamais tombée au-dessous des nombres du cahier des charges avec les trains de 100 tonnes (60 km : h) et 280 tonnes (40 km : h), bien que la tension ne se soit pas maintenue à 12 000 volts par suite de la chute de tension en ligne, et de l'insuffisance de la puissance disponible.

En régime, sur rampe de 17 mm : m, les résultats suivants ont été obtenus :

Charge remorquée.	Vitesse.	Puissance absorbée.	Tension en ligne.	Intensité. Haute tension.	Intensité. Basse tension.	cos φ.	Basse tension.
t	km : h	kw	volts	amp	amp		volts
280	41	1100	10300	120	1625	0,89	650
100	61	850	11300	83	1100	0,91.5	700

Dans ces nombres sont comprises les consommations des services auxiliaires : compresseurs, etc.

Lorsque la locomotive sera alimentée sous 12000 volts, les vitesses de régime correspondantes seront les suivantes : 46 km : h avec train de 480 tonnes; 65 km : h avec train de 100 tonnes.

Le cosinus φ sera légèrement amélioré.

Le graphique de la figure 1 donne en fonction du temps la vitesse de la locomotive, la puissance et l'intensité absorbées pendant deux démarrages successifs en rampe de 17 mm : m d'un train de 280 tonnes. Les vitesses ont été données par l'indicateur enregistreur du système Haushälter; les puissances ont été relevées au wattmètre enregistreur de la sous-station.

La vitesse de 34 km : h a été atteinte en 2 minutes, l'intensité basse tension ne dépassait pas 2100 ampères L'intensité haute tension ne dépassa pas, au départ, 72 ampères; elle est ensuite montée progressivement à 120 ampères.

Les démarrages sont particulièrement doux et se font sans à-coup à cause de l'augmentation progressive de la tension appliquée aux moteurs.

Commutation. — Pendant les démarrages des trains de 280 tonnes en rampe de 17 mm : m, on observe des étincelles très faibles, mais non nuisibles pour le collecteur. Pendant la marche et à toutes les vitesses, la commutation est excellente; en récupération, elle est parfaite.

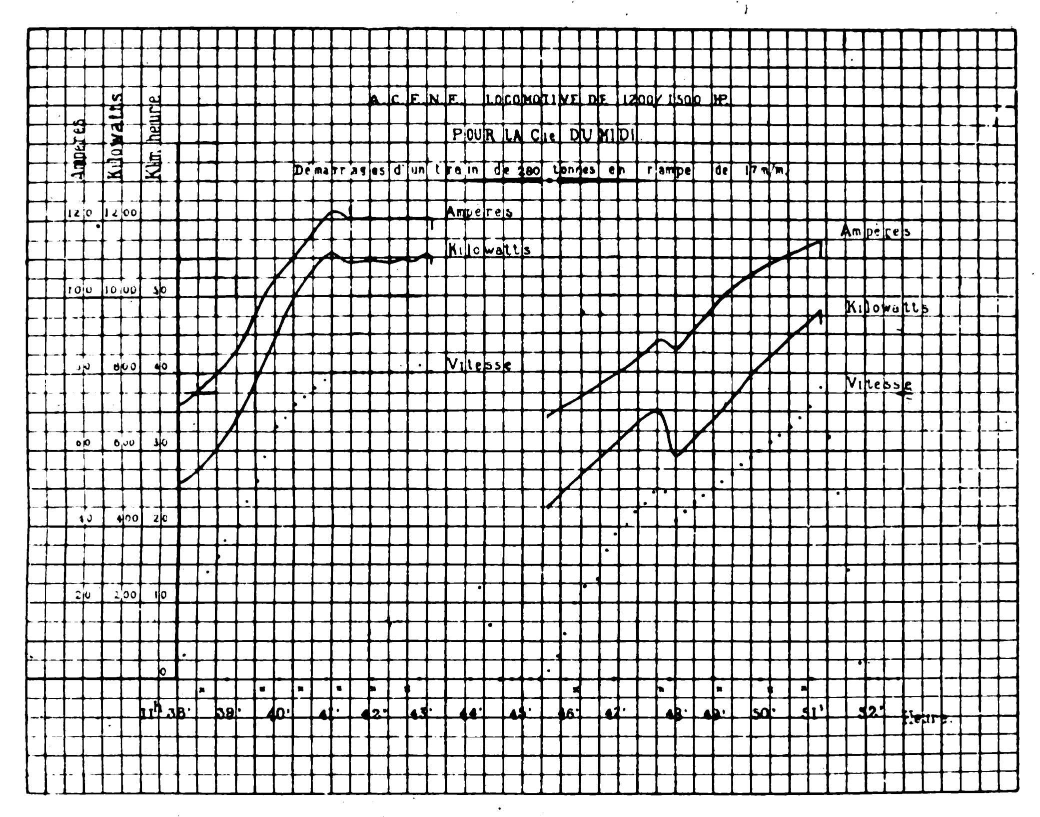


Fig. 1. — Graphique de démarrages d'un train de 280 tonnes en rampe de 17 mm : m.

Les collecteurs des moteurs se conservent parfaitement ils ont pris une belle teinte marron et se sont glacés.

Essais de récupération. — Avec un train de 280 tonnes, la puissance rendue au réseau est de 400 kw en pente de 17 mm : m et à la vitesse de 38 km : h.

La tension et l'intensité correspondantes sont 12 000 volts, 40 ampères. Le cosinus φ de récupération est donc 0,83 [1].

La puissance absorbée pour remorquer le même train sur la même rampe et à la même vitesse est de

$$\frac{38}{41} \times 1100 = 1020 \text{ kw}.$$

Le coefficient de récupération défini par le rapport de l'énergie rendue à l'énergie absorbée sur la même rampe et à la même vitesse est donc de

$$\frac{400}{1020} = 0,392.$$

Un résultat intéressant est la souplesse du fonctionnement en récupération; l'établissement de la récupération et les variations de vitesse s'effectuent sans à-coup et très progressivement. En particulier, dans un essai avec un train de 280 tonnes (locomotive non comprise) lancé

[1] On peut disposer de la valeur du cosinus φ en récupération, en agissant sur le transformateur de récupération. Toutefois, pour la bonne utilisation des moteurs, il est préférable d'avoir avec un train de 280 tonnes, un cosinus φ en récupération, voisin de 0,8; avec un train de 100 tonnes, le cosinus φ sera voisin de l'unité et le courant sera légèrement décalé en avant.

à 48 km : h, sur pente de 17 mm : m, on a freiné par récupération jusqu'à la vitesse de 20 km : h avant l'arrivée en gare de Boumernere; à ce moment l'arrêt complet a été effectué par les freins pneumatiques.

Au point de vue mécanique, la locomotive se comporte très bien; les engrenages et les accouplements ont donné entière satisfaction et ne demandent presque pas d'entretien.

La consommation d'huile et de graisse pour les différentes parties est plus réduite que celle des locomotives à bielles.

TRAMWAYS.

Mode de couplage destiné à éviter la surcharge des moteurs de traction.

Dans les automotrices à deux moteurs alimentés par deux sources de courant montées en série, on a l'habitude de connecter les moteurs en série selon la figure 1 surtout au démarrage, de sorte que chaque moteur ne reçoit que la moitié de la tension, puis de les mettre en parallèle pour la marche à pleine vitesse, de sorte qu'ils sont chacun sous la tension totale. On protège le circuit contre les surcharges par un disjoncteur à maximum. En connectant la bobine de déclenchement de ce disjoncteur selon *a* (voir *fig.* 1) cette bobine n'est parcourue, pendant que les moteurs *b* sont en série, que par le courant d'un moteur, et, pendant

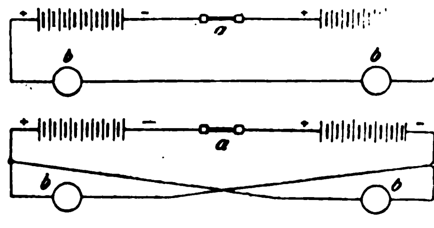


Fig. 1 et 2.

qu'ils sont en parallèle (*fig.* 2) par la somme des deux intensités. Le déclenchement ne se produira donc pendant la première phase (*fig.* 1) que si le courant dans chaque moteur atteint le double de la valeur de l'intensité de déclenchement dans la marche en parallèle (*fig.* 2).

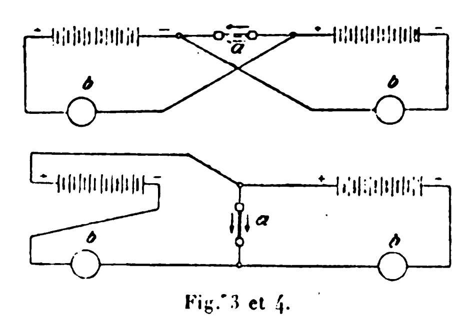


Fig. 3 et 4.

Le couplage ci-après breveté par les Siemens-Schuckertwerke produit le déclenchement du disjoncteur pour la même intensité dans chacun des moteurs, qu'ils soient en série ou en parallèle. Les moteurs sont dans ce but connectés pendant qu'ils sont en série, de telle sorte que le conducteur reliant les deux moitiés des sources (*voir* exemple *fig.* 3), ou toute autre partie du circuit (*voir* exemple *fig.* 4) soit parcouru par la somme des intensités dans chacun des moteurs. Les figures indiquent au moyen de flèches le sens des courants et montrent comment ceux-ci peuvent s'additionner. Ce mariage est particulièrement à recommander lorsque l'alimentation des moteurs sous demi-tension a lieu non seulement au démarrage, mais encore pendant la marche, dans le but de réduire la vitesse de moitié.

La disposition précédente n'est pas exclusivement applicable à la traction. Au lieu de la batterie, il peut y avoir des génératrices de nature différente, et au lieu de moteurs de traction, des appareils quelconques d'utilisation du courant. Elle est encore applicable dans son principe lorsqu'on a plus de deux appareils d'utilisation du courant ou générateurs dont quelques-uns peuvent être groupés et mis en parallèle. Il suffit dans ce cas que l'appareil de coupure ou de contrôle déclenche dans tous les cas sous l'action de la somme des différents courants égaux.

Consoles-supports pour fils de trôlet en tôle d'acier emboutie.

Les excellents résultats obtenus dans la construction des automobiles par l'emploi des châssis en tôle d'acier emboutie ont conduit les Établissements Arbel à fabriquer en tôle d'acier emboutie les consoles destinées à supporter les fils de trôlet.

Les figures ci-dessous représentent ces consoles. La

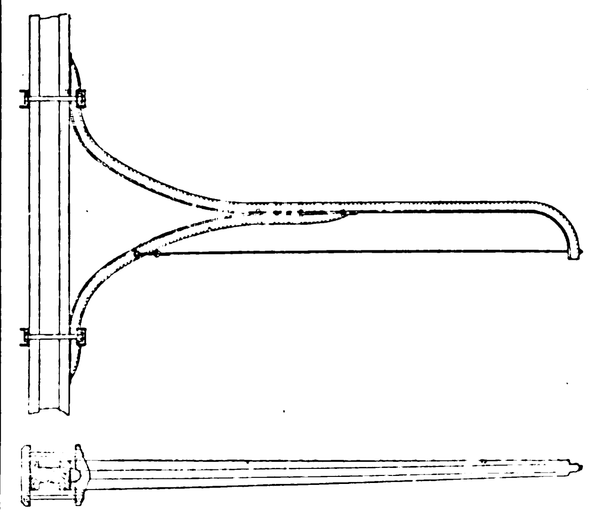


Fig. 1 et 2. — Consoles-supports Arbel en tôle d'acier emboutie.

section des emboutis affecte la forme Ω, qui permet d'obtenir un poids réduit de 22 kg à 24 kg pour le support complet, composé de la console proprement dite et



de sa jambe de force assemblées au moyen de rivets, la portée, à partir du poteau d'appui, étant de 2,60 m. Les étriers de fixation sont également constitués par des emboutis en U à larges ailes et présentent, en leur centre, une cavité venue d'emboutissage formant demi-bague qui embrasse l'arête de la console, afin d'obvier à tout déplacement latéral : ces étriers s'établissent pour poteaux en fer en double T, poteaux en ciment armé ou pour mâts cylindriques, et leur mise en place s'effectue avec la plus grande facilité.

Électrolyse des conduites d'eau ; système du drainage.

La Compagnie des Eaux de Péoria (États-Unis) intenta vers 1907 un procès à la Compagnie des Tramways de la même ville à la suite de détériorations à ses conduites par des courants vagabonds. La Compagnie des Tramways employait le système du simple trôlet avec retour du courant par les rails.

Une première décision judiciaire fut rendue le 30 septembre 1910. De cette décision il ressort qu'en employant le retour par les rails, il est impossible d'éviter complètement les courants vagabonds, qu'en améliorant le circuit de retour par des moyens raisonnables et pratiques, ces courants peuvent toutefois être suffisamment réduits pour éviter pratiquement toutes détériorations sérieuses aux conduites; qu'il est inutile et vexatoire d'imposer un système de retour isolé, c'est-à-dire n'empruntant pas les rails, tel que le double trôlet par exemple. Quant aux améliorations à apporter au retour par les rails, la Compagnie des Tramways est libre de choisir tels systèmes qui lui paraîtront efficaces. En conséquence, il est ordonné à la Compagnie des Tramways d'apporter les améliorations qu'elle jugera utiles pour éviter les détériorations aux conduites, mais ceci à la condition que la Compagnie des Eaux coopère avec la Compagnie des Tramways pour l'aider à éviter ou à diminuer toutes fuites de courant préjudiciables, soit hors des rails, soit hors des conduites d'eau. Ajoutons que les frais du procès étaient répartis également entre les Compagnies.

Le 13 mai 1912 intervint une seconde décision, que nous lisons dans le *Journal des Usines à Gaz* du 20 janvier 1913. D'après la teneur de cette décision, il semble bien qu'elle fut provoquée par le mauvais vouloir de la Compagnie des Eaux, qui paraît ne pas avoir coopéré avec la Compagnie des Tramways ni même facilité la tâche de cette dernière. Cette décision est intéressante parce qu'elle vise un système de retour précis, le système du drainage; elle dit en effet : « Dans un délai de 6 mois après l'expiration d'une année à compter de la présente décision, la Compagnie des Tramways pourra s'adresser à la Cour, après en avoir averti la Compagnie des Eaux, dans le but de demander un ordre invitant la Compagnie des Eaux à autoriser l'essai du *système de drainage*, consistant à réunir par un fil de cuivre les rails, ou une partie du système de rails, à la canalisation ou à une partie de la canalisation de la Compagnie des Eaux, de manière à s'assurer si un tel système de drainage ou son emploi partiel peut être appliqué aux réseaux de canalisations d'eaux et de rails. »

AUTOMOBILES.

Système d'actionnement de véhicules au moyen de moteurs à combustion interne, de dynamos, de batteries d'accumulateurs et de moteurs combinés pour la récupération (1).

La figure 1 représente le schéma de l'installation. Un moteur à combustion interne 1 porte, mécaniquement accouplés sur son arbre moteur, les induits des deux machines électriques 2 et 3. La première de celles-ci reçoit ou envoie du courant à la batterie 5 composée d'un

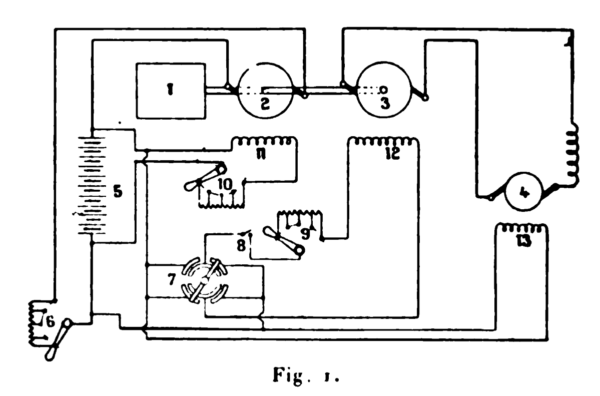


Fig. 1.

nombre d'éléments tel que lorsque le moteur thermique 1 tourne à sa vitesse normale, la batterie ne reçoit ni ne débite aucun courant. La seconde machine électrique 3 est connectée en série avec le moteur électrique 4, qui actionne les roues motrices du véhicule directement ou indirectement. Les excitations 11 de la machine 2, 12 de la machine 3 et 13 du moteur 4 sont dérivées sur la batterie 5. Les deux excitations 11 et 12 sont pourvues respectivement des régulateurs de champ 10 et 9. De plus, l'interrupteur 8 et l'inverseur 7 permettent de couper et de renverser le courant d'excitation traversant l'enroulement 12.

Le fonctionnement de ce dispositif a lieu comme suit : en supposant la batterie 5 chargée, la mise en marche du moteur s'opérera en excitant d'abord l'enroulement inducteur 11 de la machine 2 au moyen du rhéostat 10. On lancera la machine 2 par le démarreur 6. Le moteur thermique 1 tournera alors par ses propres moyens. A ce moment, en agissant sur le régulateur de champ 10, on pourra régler la tension de la dynamo 2 de telle façon qu'elle soit égale à celle de la batterie 5. Pour faire tourner dans un sens déterminé le moteur 4 dont l'excitation 13 est toujours dérivée sur la batterie, il suffira d'exciter peu à peu la dynamo 3 au moyen de l'inverseur 7, de l'interrupteur 8 et du rhéostat 9. S'il arrive que le moteur 4 doive développer une puissance supérieure à celle du moteur thermique 1, la vitesse de celui-ci va diminuer et la batterie 5 enverra du courant à la machine 2. Dans le cas inverse, lorsqu'en pente le moteur 4 est entraîné par le poids du véhicule, il devient générateur. La dynamo 3

(1) Henri Pieper. Brevet français 439 919, du 9 février 1912.

tourne alors comme moteur et tend à accroître la vitesse du moteur thermique 1 et celle de la dynamo 2. Celle-ci, qui devient génératrice, envoie alors un courant de charge dans la batterie.

Le tamponnage de la batterie s'effectue automatiquement. On le rend plus régulier en calant un volant sur l'arbre du moteur à explosion.

Lors du ralentissement, on pourra emmagasiner dans la batterie 5 l'énergie qui, en général, est perdue en frottements. En effet, en coupant l'allumage du moteur thermique 1, la dynamo 2 continue à être entraînée par la dynamo 3 fonctionnant comme moteur. Pendant ce temps, le moteur 4 travaille comme génératrice et la dynamo 2 envoie encore un courant de charge à la batterie 5.

Dans une variante (*fig.* 2) on peut disposer en série les

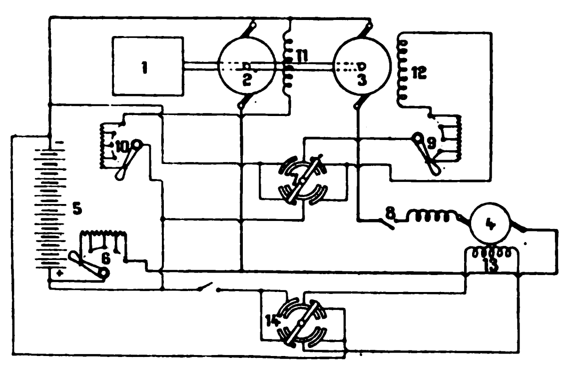


Fig. 2.

deux dynamos 2 et 3. Le passage de la précédente disposition à celle-ci peut se produire automatiquement ou à la main en mettant dans le circuit de la dynamo 3 un permutateur bipolaire dont les contacts sont mis en court circuit dans une position et ouvrent dans l'autre position le circuit de la dynamo 3 et connectent alors les deux dynamos en série.

L'avantage de cette nouvelle disposition consiste en ce qu'on obtient un réglage très étendu de la vitesse, puisqu'on peut mettre en série les deux dynamos 2 et 3 de manière que la somme ou la différence de leurs tensions travaille sur le moteur 4. De plus, la puissance maximum est fournie par les deux dynamos 2 et 3 en série, ce qui permet de réduire la dynamo 3. On emploiera avantageusement la connexion en série entre le maximum et la moitié du maximum de la vitesse du véhicule. Mais si l'on désire, on peut aussi effectuer la mise en marche du véhicule avec les deux dynamos 2 et 3 groupées en série.

En supposant la batterie 5 chargée, le fonctionnement se fait alors comme suit : on ouvre un interrupteur 8, placé dans le circuit du moteur 4, et on lance le moteur thermique 1 au moyen de la dynamo 2 et du démarreur 6. Le moteur 1 atteint sa vitesse de régime en chargeant la batterie. Par l'inverseur 14 on lance ensuite le courant dans l'excitation 13 du moteur 4 dans le sens convenable. On règle l'excitation 12 de la dynamo 3, en se servant de l'inverseur 7 et du régulateur 9, de façon à lui faire donner une tension à peu près égale et opposée à celle qui existe aux bornes de la dynamo 2. On ferme l'interrupteur 8, la différence des tensions des deux dynamos étant alors sensiblement nulle. En agissant sur le régulateur de champ 9 de la dynamo 3 et en diminuant la tension de cette dynamo, on fera augmenter la différence entre les tensions de 2 et de 3, et le moteur 4 prendra une vitesse croissante. A une certaine vitesse, la tension de 3 sera égale à zéro et, en marchant à cette vitesse, on peut mettre hors circuit 3 et, par conséquent, éviter les pertes d'énergie dues à cette dynamo 3. Pour augmenter encore la vitesse, il suffira de renverser le sens du courant d'excitation de 3 au moyen de l'inverseur 7 et de l'accroître en agissant sur le rhéostat 9.

Dans la figure 3, on a remplacé la dynamo 3 de la

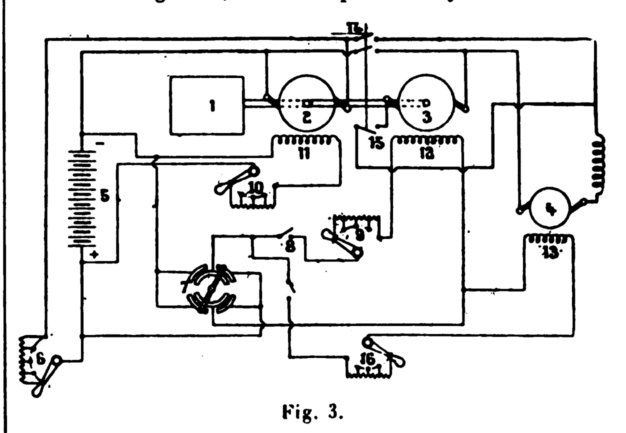


Fig. 3.

transmission électrique par la dynamo-tampon 2. L'utilisation des deux machines électriques est alors plus favorable au point de vue du rendement de l'ensemble. La mise en marche du moteur 4 se fait dans ce cas de la manière suivante : la dynamo 2 est d'abord excitée; l'interrupteur bipolaire 14 étant ouvert et en même temps l'interrupteur 15 fermé, les circuits des dynamos 2 et 3 sont séparés comme en figure 1. On démarre la dynamo 2 par le courant de la batterie 5 au moyen du démarreur 6. Ainsi lancé, le moteur thermique 1 est capable de développer sa puissance normale à une vitesse déterminée. Ensuite, on donne à l'enroulement 13 la pleine excitation, et à 12 une excitation progressive dans le sens correspondant au sens de rotation désiré pour le moteur 4.

Lorsque la tension aux bornes de la dynamo 3 est égale à la tension appliquée aux bornes de la dynamo 2, il est possible de dériver directement le circuit du moteur 4 sur la dynamo 2 et de remplacer 3 par 2. Ce résultat est obtenu en fermant l'interrupteur 14 et en ouvrant l'interrupteur 15, soit à la main, soit à l'aide d'un relais mis en action automatiquement. La vitesse du moteur 4 se règle au moyen du rhéostat 16.

La figure 4 montre l'application au cas d'un véhicule possédant plusieurs moteurs électriques actionnant des roues motrices différentes. Pour empêcher le patinage des roues motrices pendant le démarrage ou dans une montée, on prévoit ici une division de la tension de la dynamo travaillant sur les moteurs mis en série de manière que la tension totale est distribuée en parties égales aux différents moteurs.

Dans la figure 4, il y a quatre moteurs électriques 4, 5, 6, 7. La dynamo 3 possède deux collecteurs 14 et 15 et a les points neutres de son induit reliés à quatre bagues 10, 11, 12, 13. Les moteurs 4 et 5 sont mis en série

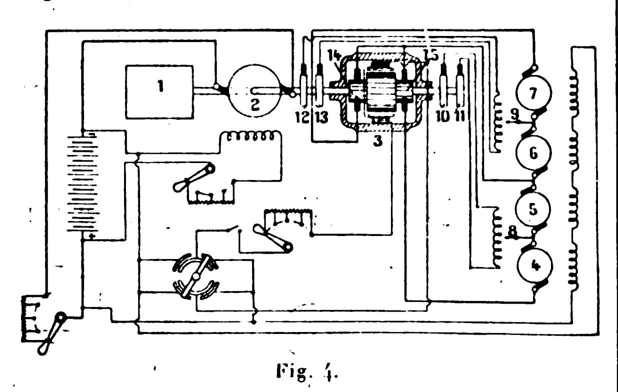


Fig. 4.

avec le collecteur 15 et leur borne commune est réunie au point milieu de l'auto-transformateur 8 dont chacune des extrémités est reliée aux bornes 10 et 11. De même, les moteurs 6 et 7 sont connectés en série avec le collecteur 14 et leur borne commune communique avec la spire médiane de la bobine 9. Celle-ci est en série avec les deux bagues 12 et 13. Par ce même moyen, il est possible de compenser les différences de charges qui peuvent se produire entre deux ou plusieurs moteurs et d'éviter complètetement le patinage des roues motrices. L'équipement du véhicule est, d'ailleurs, le même ici que dans la figure 1.

T. P.

Démarreur électrique pour automobiles, système Scott.

Le démarrage du moteur à explosion se fait au moyen d'un moteur série M (*fig.* 1) dans le circuit duquel on lance le courant fourni par douze accumulateurs groupés en tension. L'arbre G de ce moteur entraîne alors trois roues satellites S dont les axes sont montés sur un plateau H qu'un frein B commandé par le chauffeur empêche alors de tourner. Ces roues sont solidaires de trois pignons qui engrènent avec une couronne dentée portée par la pièce C que nous appellerons *roue motrice*, laquelle se trouve ainsi entraînée avec une vitesse angulaire vingt fois plus faible que celle du moteur électrique. Une chaîne D (*fig.* 2) transmet ce mouvement à l'arbre E du moteur à explosion et met celui-ci en mesure de démarrer.

Quand le démarrage s'est produit, la vitesse angulaire du moteur à explosion augmente et la roue motrice tourne plus rapidement; celle-ci étant toujours liée à l'arbre G du moteur électrique, par les roues satellites, la vitesse de ce moteur augmenterait également si les axes des roues satellites étaient toujours maintenues fixes. Pour éviter cet emballement du moteur électrique, le mécanicien libère le frein B, et le plateau H, devenu libre, se met à tourner sous l'influence de l'excès de vitesse angulaire de la roue motrice C. La manœuvre du frein coupe le circuit du moteur électrique qui bientôt s'arrête.

Toutefois, il convient que le plateau H soit libéré automatiquement aussitôt que le démarrage a eu lieu. Pour cela, le frein à bande B agit sur le plateau H par l'intermédiaire d'une couronne K montée à frottement doux

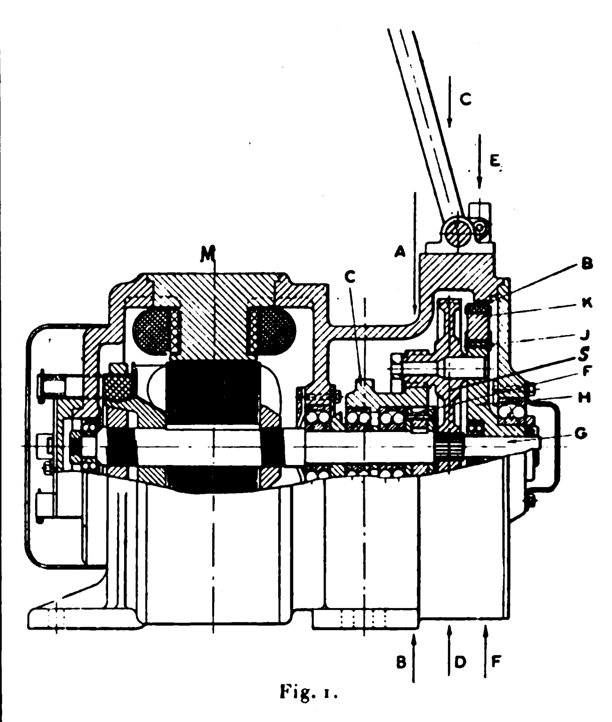


Fig. 1.

et rendue solidaire du plateau par les rochets J (*fig.* 1 et 3). Ces rochets s'opposent au déplacement du plateau tant

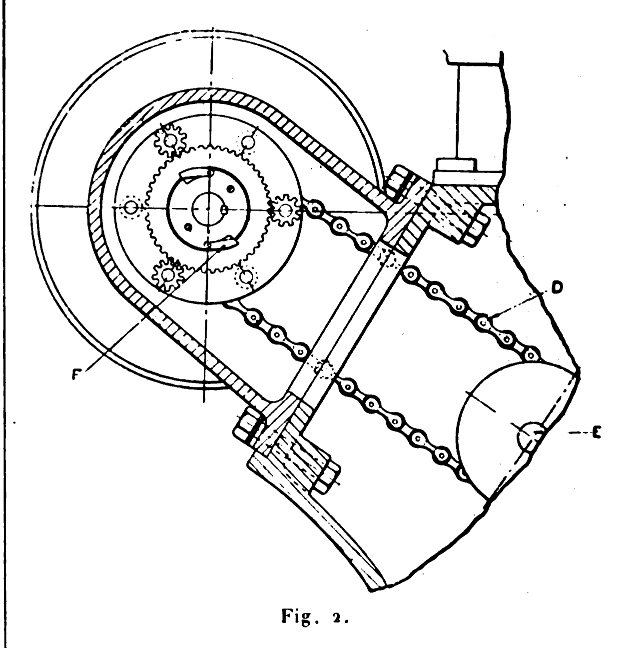


Fig. 2.

que la vitesse de la roue motrice C est inférieure au vingtième de la vitesse de l'arbre G, mais permettent le dépla-

cement dans le sens qui correspond à une vitesse plus grande.

Il convient aussi de prendre des dispositions pour empêcher le moteur électrique d'être brusquement sollicité

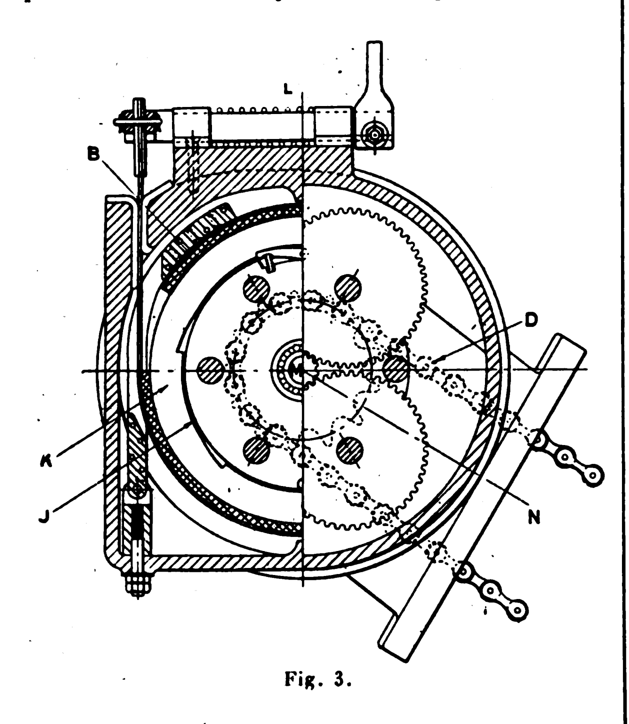


Fig. 3.

à tourner en sens inverse dans le cas d'un retour du moteur à explosion au moment du démarrage. Pour cela, il faut laisser au plateau H la faculté de pouvoir tourner exceptionnellement dans le sens de rotation auquel s'opposent les rochets. On réalise cette condition en montant convenablement le frein à bande. Comme on le voit sur la figure 3, une extrémité de la bande est solidement fixée sur le bâti même du démarreur et cette bande est enroulée de manière qu'une tendance du plateau à tourner dans le mauvais sens ait pour effet de desserrer et de libérer la couronne K. Le levier de démarrage étant de petites dimensions, ce desserrage automatique de la bande du frein le fait échapper de la main du mécanicien qui n'a que peu de prise sur lui.

Il faut encore que le moteur puisse servir, en fonctionnant comme génératrice, à la recharge des accumulateurs et, au besoin, à l'éclairage de la voiture. Pour cela, la roue motrice C est accouplée à l'arbre G de la dynamo par la roue à rochets F. Les rochets sont disposés de manière que, quand l'arbre tourne plus vite que la roue, celle-ci soit libre dans son mouvement; c'est ce qui a lieu au démarrage. Mais quand c'est la roue qui tourne plus vite que l'arbre, les rochets agissent pour entraîner cet arbre et la dynamo fonctionne comme génératrice. Comme la vitesse de la dynamo est alors plus petite que celle qu'elle possède pour le démarrage, la force électromotrice est moindre. On doit donc séparer les douze éléments d'accumulateurs en groupes reliés en parallèle (quatre groupes de trois éléments). En outre, la dynamo est alors excitée par un circuit shunt. Un commutateur effectue simultanément le groupement des éléments et la substitution de l'enroulement shunt à l'enroulement série d'excitation. Pour éviter qu'aux faibles vitesses de marche (inférieures à 20 km : h) qui correspondent à une vitesse angulaire de la dynamo inférieure à 600 t : m, les accumulateurs ne se déchargent sur celle-ci, le circuit est muni d'un disjoncteur à minima qui coupe ce circuit quand le courant tend à changer de sens.

Les nouvelles installations électriques de la ligne Milan-Varese. — La ligne de Milan à Varese, électrifiée en 1901, fut, en Europe, la première ligne à écartement normal et à grand trafic extra-urbain équipée électriquement avec le système à courant continu et à troisième rail. Cette ligne dessert une des régions les plus riches et les plus industrielles de l'Italie, et dont le développement commercial s'est accru en ces dernières années d'une façon prodigieuse.

Le trafic de la ligne a naturellement suivi le mouvement de l'industrie et du commerce de la région et a nécessité l'augmentation constante du nombre des trains journaliers, tout en créant de nombreuses difficultés dans le service de l'exploitation. Par suite de ces difficultés et de l'impossibilité d'y remédier avec les installations existantes, les Chemins de fer de l'État décidèrent d'augmenter la capacité de celles-ci, en achetant l'énergie électrique nécessaire à l'exploitation à la Societa Dinamo, de Milan, au lieu de la produire directement dans la station centrale à vapeur de Tornavento, devenue tout à fait insuffisante.

Le courant fourni par la Societa Dinamo, étant triphasé à 45 000 volts et 42 p : s, alors que le courant fourni par l'usine de Tornavento était à 1200 volts et 25 p : s, on fut amené à refaire entièrement la ligne aérienne d'alimentation, et à augmenter de 4 à 7 le nombre des sous-stations.

On a préféré bâtir celles-ci à nouveau pour ne pas troubler le service des trains pendant les travaux : les 7 nouvelles sous-stations ont été ainsi équipées pour la transformation du courant primaire triphasé à 45 000 volts et 42 p : s, en courant continu à 650 volts pour l'alimentation du troisième rail.

Les travaux de la nouvelle ligne aérienne de 92 km de longueur et des sous-stations, commencés à la fin de 1910, furent poussés très activement, de sorte que depuis le mois de juillet 1912, la ligne est desservie par les nouvelles installations.

La dépense occasionnée par ces travaux a été de 3 200 000 fr.

Avec les nouvelles locomotives électriques récemment mises en service, on peut former actuellement des trains de voyageurs de 260 tonnes remorquées à la vitesse de 90 km : h et des trains demarchandises de 400 tonnes à vitesse réduite, alors que, avec l'ancienne installation, on ne pouvait dépasser le poids de 100 à 130 tonnes pour chaque train, ce qui rendait nécessaire la formation de plusieurs trains supplémentaires par jour, trains supplémentaires qu'on a pu déjà réduire considérablement grâce aux nouvelles locomotives et à la plus grande quantité d'énergie disponible sur la ligne.

Les machines, transformateurs statiques et rotatifs, tout l'appareillage électrique des sous-stations, ainsi que les locomotives électriques ont été complètement construites et fournies aux Chemins de fer par le Tecnomasio italiano Brown-Boveri, de Milan.

La description détaillée de ces nouvelles installations a été donnée récemment par l'ingénieur U. Ballanti, dans la *Rivista tecnica delle Ferrovie italiana* du 15 novembre, à qui sont empruntés les renseignements qui précèdent.



TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE.

Sur un cas de foudre globulaire.

On sait que la foudre globulaire est assez rarement observée. A la séance du 23 décembre dernier de l'Académie des Sciences, M. G. Gourée de Villemontée donnait les détails suivants sur un cas observé récemment:

Le 2 décembre 1912 à 13 h, après une matinée pluvieuse suivie d'une longue éclaircie, le ciel se couvrait de nuages au nord de Tissey, village à 8 km de Tonnerre (Yonne); bientôt un orage, avec roulements de tonnerre et éclairs, éclatait au-dessus de Tissey, une pluie assez abondante mouillait le sol, puis l'orage paraissait se calmer. Une demi-heure après le dernier roulement de tonnerre, le vent avait cessé, le ciel était uniformément couvert, la pluie continuait, lorsque tout à coup un bruit de tonnerre sourd retentit, et, immédiatement après, une décharge d'une violence extrême éclatait sur une étendue supérieure à 1 km, comprenant le village entier.

Sur la plus grande partie de Tissey et sur tous les points à la fois, des gerbes de feu jaillirent du sol. Au-dessus d'un bassin alimenté par une nappe d'eau souterraine la décharge présenta la forme d'une boule trois fois grosse comme la tête et nettement séparée de la surface de l'eau. Au même instant, un journalier, arrêté dans une grange à plus de 100 m du bassin, vit passer sur la rue, à une distance du sol égale à la hauteur d'un homme de taille moyenne, un globe de feu de la grosseur de la tête. L'apparition du globe était, dit-il, distincte de la perception de l'éclair général qu'il vit encore un temps infiniment court, mais sensible, après le globe de feu.

La décharge a fondu, en dehors du village, sur une longueur de 15 m environ, un fil de fer, tendu sur une meule de paille par deux grosses pierres et il y a déterminé un commencement d'incendie, rapidement éteint par la pluie. Le sol a été labouré sur 2 ou 3 m de longueur et 5 cm environ de profondeur aux endroits où les extrémités du fil entraînées par les pierres sont tombées. La décharge a été suivie d'une pluie torrentielle accompagnée de grêle et de neige.

M. Gouré de Villemontée ajoute :

« Les faits précédents montrent que l'apparition de foudre globulaire n'est pas due à la position de l'observateur par rapport à un éclair en zig-zag. Le rapprochement du cas actuel d'un autre observé près de Strasbourg vers 1869, au-dessus du Rhin, et relaté par Ch. Hugueny, montre la similitude des circonstances et l'existence de nappes d'eau au-dessous des points où l'on a signalé la foudre globulaire. »

Nous croyons devoir faire observer que l'existence de nappes d'eau au-dessous des points frappés n'est pas toujours nécessaire. Nous avons été nous-même témoin, à quelques mètres de distance seulement, d'un cas de foudre globulaire. Or cela se passait à Dieppe, en pleine ville. Auparavant des témoins dignes de foi en avaient observé un autre cas dans la même ville. J. B.

Sur les inconvénients que pourrait causer aux appareils des Postes et Télégraphes le voisinage de certains paratonnerres spéciaux dits « niagaras » (¹).

Dans un intéressant article publié dans ces colonnes, notre collaborateur A. Turpain a mis nos lecteurs au courant de la question des niagaras électriques préconisés par M. de Beauchamp et le général de Négrier pour éviter la chute de la grêle (²). Un de ces niagaras devant être installé à Nantes sur l'église Saint-Nicolas, située à 150 m environ du bureau central téléphonique, l'Administration des Postes et Télégraphes a craint que l'exécution de ce projet n'entraînât des inconvénients pour ses installations et, à la suite d'une étude faite par un de ses ingénieurs, elle a sollicité l'avis de l'Académie. La Commission des Paratonnerres, consultée, a chargé M. Violle de faire connaître son opinion. Voici le résumé des divers points de ce rapport.

1. Rappelons d'abord ce qu'est un niagara électrique.

C'est, dit le rapport, une longue et large lame de cuivre électrolytique, non écroui, partant d'un faisceau de pointes de cuivre placé à grande hauteur (50 m ou 40 m au minimum) et aboutissant à une nappe d'eau dans laquelle cette lame se termine par un faisceau de pointes en cuivre.

Sous l'action continue d'un niagara, « l'électricité atmosphérique, dit M. de Beauchamp, a l'air de s'engouffrer dans le sol, les orages qui se présentent menaçants paraissent absorbés; d'où le nom de *niagara* ou *gouffre électrique* donné à ces appareils, simplement pour faire image ».

« Dans un langage moins imagé, ajoute M. Violle, nous dirons que ces appareils sont de très hauts paratonnerres, à grand débit, généralement bien installés, réserves faites de certaines critiques qui, d'ailleurs, s'appliquent à presque tous les paratonnerres, dont les bienfaits sont hors de cause ici. »

2, 3, 4. Dans ces paragraphes le rapporteur rappelle l'idée de Melsens et donne quelques indications sur les résultats de l'installation d'un paratonnerre Melsens au bureau central de Marseille.

Cette installation comprend, outre les anciens para-

(¹) Rapport présenté par M. J. Violle à l'Académie des Sciences au nom de la Commission des Paratonnerres (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 17 février 1913, p. 520-525).

(²) A. Turpain, *A propos des paratonnerres de grande conductibilité et de leur efficacité comme paragrêles* (*La Revue électrique*, t. XVI, 8 décembre 1911, p. 535-540).

tonnerres classiques, un ensemble de tiges avec saillies et pointes multiples, un système complet de rubans en cuivre étamé de haute conductibilité, de câbles en même métal, de perd-fluide et d'appareils contrôleurs. La terre y fut prise d'une façon en quelque sorte double. Du réseau entier partaient quatre rubans de descente reliés entre eux, à leur partie inférieure, par un câble de cuivre reposant dans une tranchée profonde où l'on versa des tonnes de coke et de sel. Puis, comme on avait reconnu, à 4 m environ au-dessous, une couche glaiseuse, on perfora cette couche et l'on y prolongea les rubans de descente par des barres allant chercher jusqu'à 8 m une couche aquifère, à l'intérieur de laquelle on les termina par des lames de cuivre étamé. Quelques jours à peine après l'inauguration, ce système résista victorieusement au terrible orage du 1er octobre 1891, qui, pendant 3 heures consécutives, fit jaillir d'énormes lames de feu de toutes les pointes et des fils, au nombre d'un millier, aboutissant à la tourelle téléphonique. Cet exemple est particulièrement intéressant. Il prouva une fois de plus qu'un système de paratonnerre bien conçu et exactement réalisé peut triompher d'actions extrêmement énergiques.

5, 6, 7. Après avoir fait observer qu'il convient d'avoir d'excellentes prises de terre et que, d'après les idées actuelles sur les décharges atmosphériques, la résistance ohmique d'une installation a moins d'importance que sa self-induction, le rapporteur ajoute :

« Si donc le cuivre électrolytique convient assurément très bien pour constituer le conducteur d'un paratonnerre, on ne devra pas se faire d'illusions sur le bénéfice que présenterait la grande conductibilité de ce conducteur, tandis que la terre à laquelle il aboutit laisserait à désirer.

» On n'oubliera pas non plus que, dans les manifestations les plus dangereuses de la foudre, ce ne sera pas la résistance du circuit qui gênera surtout le mouvement de l'électricité. Ce ne sera pas elle qui provoquera spécialement ces décharges qui pourront venir frapper brusquement des conducteurs voisins. »

8, 9. Déjà dans l'instruction du 23 avril 1823, Gay-Lussac signalait le danger de rester près d'un paratonnerre en temps d'orage. Consultée en 1897, l'Académie émit l'avis qu'une distance de 10 m paraît suffisante pour écarter tout risque. Comme un paratonnerre, même bien agencé, peut présenter, à un instant donné, quelques défauts, surtout du côté de sa prise de terre, le rapporteur estime qu'on agira prudemment en écartant tout conducteur indépendant à 20 m au moins d'un niagara et généralement de tout système analogue. Il pense en outre qu'il n'y a pas lieu de faire état de la conductibilité que l'air acquerrait par ionisation, car l'air, même fortement ionisé n'est en fait qu'un médiocre conducteur.

10. Nous reproduisons intégralement ce paragraphe et les suivants :

Il nous paraît donc que le niagara projeté sur l'église Saint-Nicolas, à Nantes, ne saurait causer aucun dommage au bureau téléphonique situé à 150 m, et installé avec le soin dont l'Administsation des Postes et Télégraphes s'est depuis longtemps fait une règle.

11. Nous estimons de même que, dans l'incendie qui s'est déclaré à l'Hôtel des Postes de Poitiers [1], pendant le violent orage de la nuit du 25 au 26 juillet 1911, le niagara installé à 90 m au delà, sur le belvédère de l'Hôtel de Ville, n'a joué aucun rôle.

L'explication la plus vraisemblable du sinistre paraît être dans un coup de tonnerre ayant frappé directement la herse placée sur l'Hôtel des Postes.

Quoi qu'il en soit, cet incendie, rapproché des lames de feu constatées en 1891 sur les paratonnerres et les fils téléphoniques du bureau central de Marseille, comporte un enseignement, à savoir qu'au point de vue de la sécurité, il y aurait avantage à n'arriver aux stations centrales que par fils souterrains.

12. Assurément, chaque fil, à son entrée au bureau, est muni d'un système protecteur d'intensité (fusibles, coupe-circuit) et protecteur de tension (parafoudres), qui ne laissent guère à désirer. Nous recommanderions seulement de mettre toujours en tête un parafoudre. Toutefois ce système, imaginé plutôt pour protéger des courants dus à quelque contact accidentel avec les lignes industrielles d'énergie, ne met qu'incomplètement à l'abri des effets de la foudre.

Si la foudre frappe le fil en rase campagne, elle le brise généralement sur trois ou quatre portées et elle ne va pas plus loin. Si, cependant, un courant parvient jusqu'au bureau, il sera arrêté par le système protecteur.

Mais lorsque la foudre frappe directement la herse ou la tourelle placée à la partie supérieure du poste central, l'accident deviendra grave, si, pour une cause quelconque, la décharge se trouve localisée en quelque sorte dans un court espace, d'où elle pourra s'élancer en traits de feux funestes.

Avec des fils d'arrivée souterrains, le danger serait reporté aux cabanes de coupure (là où le réseau aérien devient souterrain) et il y serait beaucoup moins redoutable.

13. Nous devons enfin considérer le cas où des lignes aériennes passeraient à proximité d'un niagara.

En dehors de toute autre considération, la nature même des lignes aériennes, « exposées à être déplacées par diverses causes mécaniques ou météorologiques, impossibles à éviter », rend très difficile la fixation d'une distance minimum.

Une précaution essentielle consistera évidemment à installer avec un soin particulier les portions de lignes aériennes voisines d'un niagara.

Cette condition remplie, nous estimons qu'en se tenant à 20 m de distance du niagara, on sera suffisamment à l'abri des influences possibles de cet appareil sur les lignes aériennes.

14. En résumé, un niagara est un grand paratonnerre disposé en vue d'un fort débit.

Pour se garer de quelque défaut possible dans l'agencement de ce système et surtout dans sa prise de terre, pour se mettre complètement à l'abri de l'une de ces décharges latérales auxquelles peut donner lieu un con-

---

[1] *Voir* A. Turpain, *La protection de nos hôtels des postes contre l'orage* (*La Revue électrique*, t. XVI, 25 août 1911, p. 177-179).



ducteur frappé par certains coups de foudre, l'Administration des Postes et Télégraphes devra maintenir une distance de 20 m au moins entre un niagara, ou tout autre système analogue, et l'une quelconque de ses installations aériennes, poste d'arrivée, ou fils de lignes.

D'autre part, comme une herse ou une tourelle de fils télégraphiques ou téléphoniques aériens, installée sur un hôtel des Postes, semble particulièrement exposée à la foudre, l'Administration aura intérêt à conduire les lignes au poste central par voie souterraine.

Enfin, comme, malgré les études poursuivies jusqu'à ce jour, certains effets du tonnerre restent encore mal connus, l'Académie émet le vœu que l'Administration des Postes et Télégraphes lui transmette les renseignements qu'elle est particulièrement à même de recueillir touchant l'électricité atmosphérique. Ainsi, des observations exactes s'ajouteront à celles que, depuis Arago, l'Académie se plaît à enregistrer sur une question qui intéresse si vivement l'humanité.

MAGNÉTISME TERRESTRE.

Valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val Joyeux au 1er janvier 1913 (1).

Les valeurs pour le 1er janvier 1913 données ci-dessous résultent de la moyenne des observations horaires relevées sur les magnétographes le 31 décembre 1912 et le 1er janvier 1913 et rapportées à des mesures absolues. La variation séculaire des divers éléments est la différence entre ces valeurs et celles qui ont été indiquées pour le 1er janvier 1912.

	Valeurs absolues.	Variation séculaire.
Déclinaison	14° 4',26	−9',17
Inclinaison	64°39',5	−1',6
Composante horizontale	0,19746	+0,00007
Composante verticale	0,41696	−0,00035
Composante nord	0,19154	+0,00020
Composante ouest	0,04801	−0,00049
Force totale	0,46135	−0,00029

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE.

La polarisation diélectrique de la paroi et les mesures de cohésion diélectrique; le retard d'effluve (2).

Lorsqu'une couche gazeuse d'épaisseur sensiblement uniforme, isolée, non ionisée, est soumise à un champ électrique uniforme progressivement croissant, une effluve, visible dans l'obscurité, traverse le gaz pour une valeur y du champ qui dépend de la pression p du gaz. La limite vers laquelle tend $\frac{dy}{dp}$ est, comme on sait, la cohésion diélectrique du gaz.

Par des expériences récentes signalées ici (3), M. Bouty a montré que la cohésion diélectrique apparente B, déduite de la relation expérimentale $y = A + Bp$ obtenue avec le néon, l'hélium, l'argon, l'hydrogène enfermés dans de petits ballons sphériques de 3 cm de diamètre, est liée à la cohésion diélectrique vraie b par la formule simple

$$B = 1,165b + 6.$$

M. Bouty a cherché une interprétation physique de deux coefficients numériques de cette formule et ce sont les résultats de cette recherche qu'il expose dans sa nouvelle Communication à l'Académie des Sciences.

1. Si l'on adopte pour la constante diélectrique du verre la valeur $K = 6$ la plus probable et si l'on admet que l'épaisseur du verre du ballon cylindrique est très sensiblement de 1 mm, on trouve, par l'application d'une formule connue (1) que le rapport du champ y_e extérieur au ballon (champ mesuré) au champ y_i intérieur qui agit effectivement sur le gaz est 1,173, c'est-à-dire très voisin du coefficient de b dans la formule.

Un calcul approximatif établit d'autre part que, dans le ballon plat employé par M. Bouty pour les mesures normales, le champ extérieur y_e et le champ intérieur y_i peuvent être confondus à moins de 1 pour 100 près.

Il en résulte que, dans le cas des gaz communs, l'excès de la cohésion apparente B par rapport à b s'explique suffisamment par l'effet de la cohésion diélectrique de la paroi.

2. Il y a lieu de remarquer que la constante diélectrique du verre pour les perturbations électriques très rapides doit être, d'après la loi de Maxwell, égale au carré de l'indice de réfraction du verre, c'est-à-dire 2,25 environ.

Si l'effluve lumineux était rigoureusement synchrone du champ qui la produit, on devrait s'attendre à ce que le verre n'intervînt, pour réduire le champ efficace à l'intérieur des ballons, qu'en vertu de la constante diélectrique instantanée 2,25. Puisque, d'après ce qui précède, il n'en est pas ainsi, c'est que le synchronisme rigoureux n'existe pas; c'est que l'effluve présente un retard fini par rapport au champ.

3. Des retards du même genre, directement observables, accompagnent fréquemment la décharge disruptive entre électrodes métalliques. Dans ses expériences antérieures, faites avec de grands ballons, M. Bouty n'a observé de tels retards que d'une manière tout à fait accidentelle. Avec de petits ballons, les retards, quoique encore assez rares, l'ont été d'autant moins que le volume de la masse gazeuse soumise au champ était plus petit. Il devenait donc probable que la cause du retard devait être cherchée, non dans la paroi, mais dans le gaz; et puisque le retard paraît se généraliser quand la masse de gaz tend vers zéro, il semble tout indiqué de faire appel à la notion de probabilité.

Le nombre d'ions normalement présents dans l'unité de volume d'un gaz est toujours très petit par rapport au nombre de molécules. La chance pour que, sous l'action du champ critique, quelques-uns de ces ions atteignent,

(1) Alfred ANGOT, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 13 janvier 1913, p. 173-174.

(2) E. BOUTY, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 6 janvier 1913, p. 25-28.

(3) *La Revue électrique*, t. XIX, 17 janvier 1913, p. 77.

(1) MASCART, *Traité d'Electricité et de Magnétisme*, t. I, p. 217-218.



dans un temps très court, une vitesse suffisante pour pouvoir ioniser des molécules neutres, diminue donc et tend vers zéro avec le volume. Ces faits sont en parfait accord avec la théorie ionique de la décharge disruptive, qui peut donc être étendue à l'effluve.

4. Dans le cas des gaz rares et particulièrement du néon, pour lequel la cohésion diélectrique b est très petite, les deux termes de la formule $B = 1{,}165\, b + 6$ sont du même ordre de grandeur. L'explication fournie par la polarisation diélectrique de la paroi ne suffit plus alors pour justifier la totalité de l'accroissement constaté de la cohésion et M. Bouty fait appel à un tout autre ordre de considérations.

La différence de potentiel explosive est la mesure du travail effectué sur l'unité d'électricité dans l'acte initial de la décharge disruptive. Il est légitime de décomposer ce travail en deux parts, l'une consommée au voisinage immédiat des électrodes ou de la paroi, l'autre dépensée tout le long de la colonne gazeuse intéressée par la décharge ou par l'effluve. Cette dernière doit être proportionnelle au nombre de molécules intéressées et, par conséquent, au produit pe de la pression par l'épaisseur de la couche. L'autre peut dépendre de la pression suivant une loi quelconque que l'expérience seule peut révéler.

Dans les expériences de M. Bouty, ce qu'on mesure directement, c'est le champ critique y. La différence de potentiel entre les points de la masse gazeuse les plus éloignés dans le sens du champ, comparable au potentiel explosif est ye. On doit donc avoir

$$ye = f(p) + bpe,$$

où b est la cohésion diélectrique du gaz.

Avec les gaz communs, et à partir du minimum absolu de ye, le terme $f(p)$ croît d'abord et tend vers une valeur constante m sensiblement atteinte à partir d'une valeur de la pression suffisamment grande. Pour les pressions élevées, le champ critique y est alors de la forme

$$y = \frac{m}{e} + bp.$$

Mais supposons que pour un certain gaz, le néon par exemple, la limite de $f(p)$, au lieu d'être une constante, soit une fonction linéaire $m + np$ de la pression; le champ critique y deviendra

$$y = \frac{m}{e} + \left(\frac{n}{e} + b\right)p.$$

La cohésion diélectrique apparente $\frac{n}{e} + b$, pour un ballon de diamètre donné e, sera supérieure à la cohésion normale b quand e croîtra indéfiniment.

Toutefois, si cette cause d'augmentation apparente de la cohésion diélectrique existe réellement pour le néon, il est vraisemblable qu'elle est générale. Pour expliquer la formule $B = 1{,}165\, b + 6$, il faudrait, dès lors, supposer que n a la même valeur pour tous les gaz. Les expériences faites jusqu'ici ne suffisent pas pour confirmer ou infirmer cette conséquence.

Déperdition électrique dans le système plan-sphère-air atmosphérique [1].

Les auteurs ont utilisé l'électromètre récemment réalisé par M. Guillet, en se basant sur l'attraction qu'exerce un plan porté au potentiel qu'il s'agit d'évaluer sur une sphère reliée au sol, potentiel qui se calcule aisément quand on connaît la distance du plan au centre de la sphère dans la position d'équilibre de celle-ci.

Dans les expériences relatées dans la note qui nous occupe, le plan P était chargé au moyen d'une boule d'épreuve ε mise alternativement en contact avec un conducteur auxiliaire électrisé C et le plan. Quel que soit le signe de la charge de C, on constate que la sphère S se rapproche progressivement du plan P à chaque contact de ε, puis refuse de dépasser une position, qu'on peut appeler *position d'arrêt*, à laquelle correspond une certaine valeur V du potentiel et une certaine valeur u de la distance du plan au centre de la sphère, le rayon de celle-ci étant pris pour unité.

Si l'on fait le quotient de V par u, on trouve que ce quotient est sensiblement constant pour des charges de même signe faites à des époques différentes, mais qu'il est plus petit quand la charge est positive que quand elle est négative. Si, d'autre part, on fait le rapport des potentiels négatifs et positifs d'arrêt Vn et Vp répondant à la même valeur initiale u_0 du paramètre u, on trouve qu'il est sensiblement constant et égal à 1,253. Ce rapport est appelé par les auteurs *coefficient de dissymétrie de la déperdition du système*. Il peut, comme ils le montrent, être déterminé aussi par une autre façon d'opérer.

En interprétant ce résultat par la théorie des ions gazeux, il semble bien qu'il faille rapporter à une même cause l'existence de ce coefficient de dissymétrie, imposé par l'observation de la déperdition *directe*, et celle d'un rapport de mobilités des ions négatifs et des ions positifs, tirée de la déperdition *provoquée*.

Pour l'air, les valeurs de ce rapport sont, d'après Zeleny, d'une part, et Langevin, d'autre part, comprises entre 1,37 et 1,22; par une autre méthode, Chattock a trouvé d'abord 1,45, puis 1,31. Du rapprochement de ces résultats et de la valeur 1,253 trouvée pour le coefficient de déperdition, il paraît bien résulter que la considération du potentiel d'arrêt, d'une observation rapide et simple, est préférable à la méthode de Chattock.

Dispositif pour la préparation de petits miroirs par pulvérisation cathodique [2].

Ce dispositif, très en vogue à l'Institut de Gœttingue, se différencie du bombardement cathodique indiqué en 1908 par Leithäuser en ce sens qu'on travaille avec un vide réglable dans la chambre de pulvérisation et que celle-ci peut être constamment balayée par un courant de gaz, grâce à la rapidité d'évacuation de la pompe à mercure de Gaede. Il comprend deux parties : l'appareil

(1) A. Guillet et M. Aubert, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 10 février 1913, p. 458-461.

(2) G. Rümelin, *Physikalische Zeitschrift*, t. XIII, 15 décembre 1912, p. 1222.

à courant gazeux (*fig.* 1) et l'appareil à pulvérisation (*fig.* 2), qui sont réunis par des rodages normaux.

I. Le récipient V contenant un peu de P^2O^5 est rempli d'hydrogène électrolytique desséché qui pénètre par le robinet H_1. De V part un tube court et large qui rencontre un premier robinet H_2, puis un deuxième D et aboutit à la chambre de pulvérisation. Entre D et H_2, on voit un ajutage dérivé de la conduite principale, dont il peut

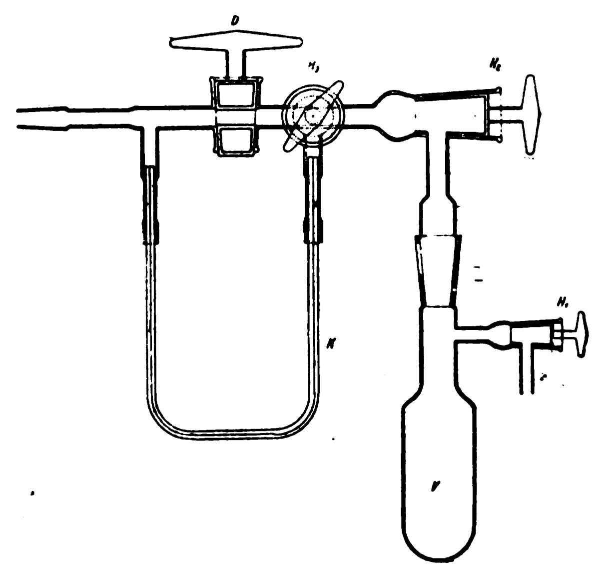


Fig. 1. — Appareil à circulation de gaz.

être séparé par le robinet H_3. C'est par le tube capillaire K que passe le gaz pour atteindre la chambre de pulvérisation; ce tube a 50 cm de longueur et 0,2 mm de diamètre. Tous les robinets étant ouverts (sauf H_1), on arrive très rapidement à vider l'appareil jusqu'à la pression de 10^{-4} à 10^{-5} mm de mercure. Si D est fermé, H_2 et H_3 ouverts, le courant de gaz hydrogène traverse le capillaire K et pénètre dans la deuxième partie avec une intensité qui dépend de la pression adoptée dans l'enceinte V.

II. La chambre de pulvérisation représentée en figure 2 comprend deux cloches en verre rodées sur une platine de laiton. Dans la cloche intérieure est disposée une petite table horizontale, sur laquelle repose la lame à traiter. Il y a deux tubes mastiqués dans la platine : l'un contient le fil allant de la bobine à la cathode K, en forme de disque; l'autre sert à amener le gaz dans l'appareil. Le gaz passe de la cloche intérieure à la cloche extérieure à travers un tube étroit (longueur 10 cm, diamètre intérieur 5 mm), rodé sur le col de la cloche, de sorte que, dans l'état stationnaire, il y a une légère surpression dans l'enceinte cathodique par rapport à la cloche extérieure qui est reliée à la pompe à vide par un tube rodé pourvu d'un robinet. Tous les rodages internes sont ajustés sans graisse. Au-dessous de la platine, on voit un tube à essai pourvu d'un ajutage latéral; c'est un épurateur prévu pour la purification du gaz de la chambre cathodique et du courant gazeux provenant de l'extérieur.

Le manuel opératoire consiste à mettre d'abord la lame métallique en place, puis à faire le vide dans l'appareil, qu'on abandonne dans cet état pendant 1 à 2 heures si par hasard il est resté longtemps ouvert. Après cela, on remet la pompe en marche, on applique la tension de 2500 volts environ, on ferme le robinet D, et par le robinet H_1 on laisse rentrer de l'hydrogène par petites quantités à la fois jusqu'à ce qu'on observe une effluve correspondant à un courant de 20 milliampères. Quand on doit se servir souvent du même appareil, il est bon de

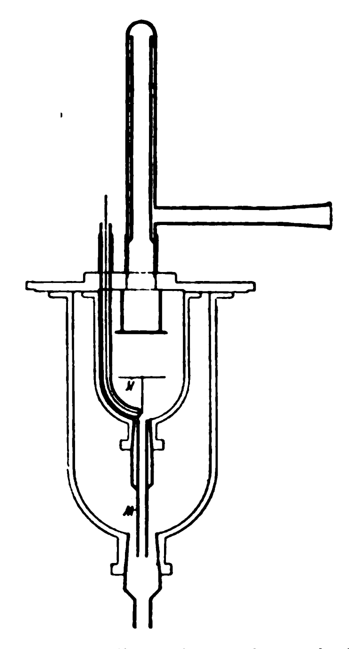


Fig. 2. — Appareil à pulvérisation cathodique.

régler une fois pour toutes la quantité d'hydrogène à admettre dans le récipient V en le mesurant avec une éprouvette à gaz. Il faut aussi avoir à portée de la main un interrupteur qui permette de couper instantanément la haute tension dans le cas où il arriverait trop de gaz dans la chambre de pulvérisation. On ouvre alors le robinet D pendant un instant.

Ce dispositif a permis à Mme N. Galli d'obtenir des dépôts très minces de Ag, Au, Pt, Cu, Fe, Ni et Pd. Par exemple la préparation d'un miroir d'argent opaque ne demande qu'une pulvérisation de 30 secondes. Il existe aussi un appareil de dimensions plus grandes avec lequel on peut réaliser des miroirs homogènes de 25,3 cm de diamètre. La cathode et la lame à bombarder sont alors disposées verticalement. L'obtention du vide exige évidemment plus de temps. B. K.

ÉLECTROLYSE.

Phénomènes qui se remarquent dans l'électrolyse (1).

Dans ses expériences sur l'électrolyse de l'eau acidulée étendue avec un courant faible et une haute tension,

(1) GRIMSEL, *Physikalische Zeitschrift*, t. XIII, 15 décembre 1912, p. 1199.

l'auteur a employé les deux types de cathodes représentées par les figures 1 et 2. La première comprend un fil de platine Pt tiré dans un tube de verre qu'on mastique dans une douille en laiton M; l'une des extrémités du fil de platine est aussi soudée à cette douille, tandis que l'autre est soudée au verre en E; celui-ci doit être rodé jusqu'à l'obtention d'une section rigoureusement plane et le fil de platine ne doit pas déborder sur elle. Dans l'électrode n° 2, au contraire, le fil dépasse le tube de quelques millimètres.

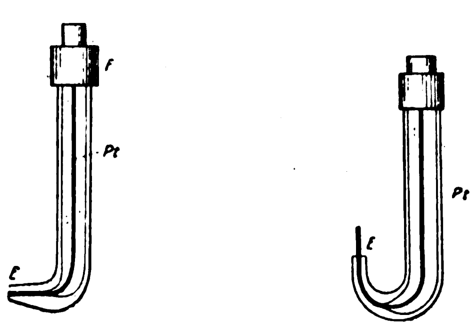


Fig. 1. — Cathode pour produire le jet d'hydrogène dans l'électrolyse de l'eau acidulée.

Fig. 2. — Cathode pour les expériences de déviation du jet d'hydrogène sous l'action d'un champ magnétique.

Quand on se sert de l'électrode n° 1 pour l'électrolyse de l'eau acidulée très étendue sous une tension de 110 à 220 volts, la cuve électrolytique présente les particularités de la figure 3 que l'auteur a désignées sous le nom de « phénomène du jet », parce que les bulles d'hydrogène forment un jet qui s'échappe normalement à la surface terminale de la cathode; il semble que le gaz soit violemment expulsé de la cathode.

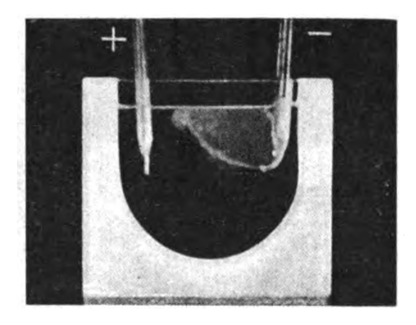


Fig. 3. — Photographie du jet d'hydrogène dans l'électrolyse de l'eau acidulée très étendue sous 110 volts.

1. A 110 volts, le jet ne se manifeste que pour une concentration de 0,01 pour 100. Si l'on renverse le sens du courant, pour cette même tension et cette même concentration, la cathode devenue anode ne présente plus le phénomène caractéristique du jet; on le fait réapparaître, mais très vaguement, en augmentant soit la tension, soit la concentration. C'est donc bien une propriété inhérente à la polarité de l'électrode, tant que la tension et la concentration sont dans certaines limites.

2. Pour une même concentration, la vitesse d'échappement du courant gazeux croît avec la tension appliquée et à peu près proportionnellement.

3. Pour une même concentration et une même tension, l'intensité du courant est alors rigoureusement proportionnelle au rayon du fil de platine; ceci indiquerait que le phénomène est limité à la périphérie de l'électrode, comme le confirme d'ailleurs l'observation à la loupe qui montre que les bulles se dégagent exclusivement sur le pourtour de la section, le milieu restant libre.

4. La direction du courant gazeux ne dépend que de l'orientation de la surface terminale de la cathode à laquelle il reste toujours normale, même si la cathode est opposée à l'anode.

5. L'emploi de plusieurs cathodes en parallèle ne change rien aux lois du phénomène; chaque flux gazeux s'échappe normalement à sa cathode et ils peuvent se couper entre eux ou être opposés, sans qu'ils éprouvent la moindre perturbation.

6. Le renversement de sens du courant ne supprime pas instantanément l'effet de jet à la cathode devenue anode; ce n'est qu'au bout de quelques secondes qu'on constate l'ascension lente de bulles d'oxygène.

7. La chute de potentiel entre l'anode et la cathode a lieu presque entièrement au voisinage de celle-ci; à 0,1 mm de la cathode une sonde indique déjà une chute de 95 pour 100 de la chute totale.

Le courant gazeux se comporte, dans un champ magnétique, comme des rayons cathodiques ou comme un courant d'électricité négative; en effet, la cuve électrolytique étant placée entre les pôles d'un électro-aimant puissant, dès que celui-ci est excité, on constate une déviation du courant gazeux.

Avec deux électrodes écartées de 3 mm et semblables à celle de la figure 2, où le fil de platine recourbé vers le haut émerge d'une certaine longueur du tube de verre, on commence par produire l'électrolyse sous 4 volts avec de l'acide sulfurique bon conducteur; les bulles d'oxygène



Fig. 4. — Déviation des chapelets de bulles d'oxygène et d'hydrogène électrolytiques sous l'action d'un champ magnétique.

et d'hydrogène libérées s'élèvent verticalement, en l'absence du champ, comme le montrent les rayons moyens A de la figure 4; dès que l'électro est excité dans

un sens tel que les lignes de force traversent la cuve d'avant en arrière, les chapelets de bulles s'inclinent l'un vers l'autre, comme en B; ils sont déviés en sens contraire, comme en C, quand le champ est dirigé d'arrière en avant. Cette expérience prouve que, dans l'électrolyse ordinaire et au voisinage immédiat des électrodes, les bulles sont chargées d'électricité présentant le signe de l'électrode dont elles émanent. Cette dernière interprétation a été l'objet d'une rectification de la part de l'auteur. Dans le numéro du 15 janvier 1913 du *Physikalische Zeitschrift*, il dit en effet que des observations ultérieures lui ont montré que cette déviation n'était qu'une conséquence de la déviation que subit, sous l'action du champ, l'électrolyte traversé par le courant. Elle se manifeste nettement dans un électrolyte dont l'électrolyse n'est accompagnée d'aucun dégagement gazeux, et dans lequel on a mis un peu de sciure de bois. Dans un cristallisoir on verse du sulfate de cuivre, et l'on prend comme électrodes des lames de cuivre; on pose le cristallisoir sur l'un des pôles de l'électro-aimant et, aussitôt que le courant traverse l'électrolyte, on voit la sciure tourner autour de l'électrode négative en sens inverse des aiguilles d'une montre et autour de l'électrode positive dans le sens même des aiguilles d'une montre. Si l'électro change de signe, les rotations s'inversent également. Ces courants liquides arrachent des électrodes les gaz dégagés et les entraînent avec eux comme l'indique la figure 4. (M. Grimsel n'étend pas cette remarque aux faits décrits ci-après où cependant le balancement de la colonne gazeuse doit provenir lui-même des changements de direction du liquide sous l'effet du champ alternatif.)

Comme variante des expériences de déviation, on reprend la même expérience, mais en alimentant l'électro par du courant alternatif et en ne laissant qu'une seule des électrodes entre les pièces polaires. Le courant gazeux prend alors la forme ondulée reproduite par la photographie de la figure 5, et qui correspond à un mouvement pendulaire de la colonne d'oxygène ou d'hydrogène.



Fig. 5. — Ondulation de la colonne gazeuse d'une des électrodes sous l'action d'un champ alternatif.

Inversement, en opérant avec du courant alternatif, le champ étant constant, la figure 6 montre qu'il y a encore un mouvement pendulaire de la colonne gazeuse qui change, en effet, de signe à chaque alternance. L'auteur a cherché si, en utilisant cette déviation, il n'était pas possible de recueillir séparément l'oxygène et l'hydrogène en électrolyse alternative, en les captant dans un large tube séparé en deux parties par une cloison médiane et placé au-dessus de l'électrode de la figure 2. Il a effectivement obtenu les deux gaz séparés, mais chacun contenant encore des traces de l'autre. En opérant dans un champ

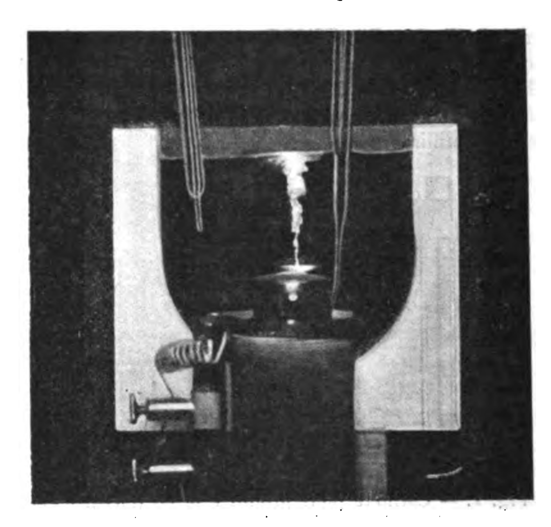


Fig. 6. — Ondulation de la colonne gazeuse en électrolyse alternative dans un champ constant.

très intense on arriverait peut-être à une pureté absolue.

La photographie de la figure 8 illustre une belle expérience pour démontrer la variation de concentration de l'électrolyte; celui-ci est constitué par une solution concentrée de chlorure de zinc dans laquelle plongent deux électrodes de platine dont les pointes sont écartées d'environ 1 cm. On laisse passer le courant pendant quelques

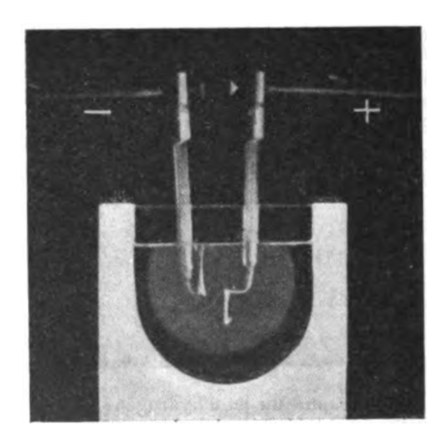


Fig. 8. — Expérience montrant la variation de concentration de l'électrolyte au voisinage des électrodes.

minutes, l'anode étant à gauche et la cathode à droite; celle-ci se recouvre d'une petite houpe de zinc cristallin. On arrête le courant et l'on remue la solution avec précaution pour l'uniformiser; après avoir renversé la polarité des électrodes, on rétablit le courant et l'on observe le phénomène représenté par la photographie de la figure 8. A l'électrode devenue anode, le zinc se dissout

et la solution concentrée de chlorure de zinc forme un filet qui descend vers le fond de la cuve, tandis qu'à la cathode l'appauvrissement de la solution se manifeste par un filet qui remonte vers le haut de la cuve.

Une variante de cette expérience peut être réalisée avec l'appareil de la figure 9. On recourbe un tube en U de façon que les deux branches se touchent, et au milieu de celles-ci on soude un raccord qui contient les électrodes en platine soudées aux bornes extérieures. On verse dans le tube de l'eau acidulée à 30 pour 100 et le tout repose, par l'intermédiaire d'une planchette, sur une cuve rectangulaire en verre. Il suffit alors de faire passer le courant pendant quelques minutes pour constater la différence de niveau qu'on remarque sur la figure.

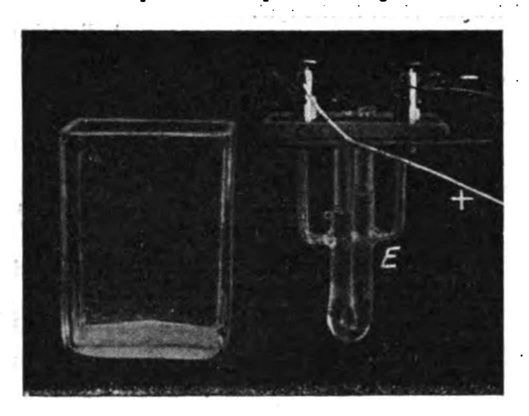


Fig. 9. — Autre dispositif pour montrer la variation de concentration de l'électrolyte au voisinage des électrodes.

Enfin l'auteur signale encore la particularité suivante : on emploie deux électrodes du type de la figure 2, l'une en fil de platine, l'autre en ruban de zinc de 1 mm d'épaisseur qui dépasse d'environ 5 mm le tube de verre dans lequel il est mastiqué avec de la cire à cacheter. En solution acidulée étendue il se développe à l'électrode zinc un courant d'hydrogène non déviable par l'électro-aimant; mais si l'on court-circuite les deux électrodes, le courant d'hydrogène à l'électrode de zinc devient très faible et est dévié par l'électro dans le même sens qu'un courant d'électricité positive, tandis que l'hydrogène dégagé à l'électrode de platine est dévié par le même champ, comme un courant d'électricité négative.

RADIOACTIVITÉ.

Les rayons α des éléments radioactifs de la famille du radium (1).

L'auteur s'est proposé de déterminer la vitesse des rayons β des éléments résultant de la désintégration du radium; il a employé dans ce but le procédé radiographique de Henri Becquerel. La plus grosse difficulté de ces expériences, qui fait que, jusqu'à présent, les nombreux travaux entrepris sur ce sujet sont restés sans résultat, vient de la nécessité d'écarter toute matière du voisinage immédiat de la substance radioactive; en rencontrant et traversant la matière, les rayons β subissent en effet des changements de direction et de vitesse très compliqués, de manière qu'un faisceau de rayons initialement parallèles, de même vitesse, ne possède plus, après avoir traversé une petite épaisseur de matière (0,06 mm d'aluminium par exemple), ni direction, ni vitesse définie. Dans les travaux antérieurs, les dispositifs employés pour supporter la matière radioactive et pour limiter un faisceau déterminé des rayons qu'elle émettait, modifiaient profondément les rayons β initialement émis. L'auteur a employé dans ses expériences de l'émanation du radium, très concentrée, enfermée dans un tube de verre de petit diamètre (environ 0,2 mm), mais surtout de parois très minces (leur épaisseur ne dépassait pas 0,01 mm).

L'auteur a obtenu ainsi des radiographies mettant en évidence l'existence d'au moins 23 faisceaux, de vitesses parfaitement déterminées et comprises entre 0,64 et 0,99 (la vitesse de la lumière étant prise pour unité).

En substituant au tube d'émanation un fil métallique recouvert de Ra B et C, l'auteur a retrouvé les 23 faisceaux précédents, et en plus 4 faisceaux lents dont les vitesses sont comprises entre 0,36 et 0,42.

On peut conclure de là que les 27 faisceaux ainsi observés sont émis par les Ra B et C et que ni l'émanation elle-même, ni le Ra A n'émettent de rayons β capables de traverser une épaisseur de verre de 0,01 mm.

Enfin, en employant comme source radioactive un fil métallique recouvert de Ra D et E, l'auteur a observé 5 faisceaux : les quatre plus lents (vitesses comprises entre 0,34 et 0,40) comprennent deux faisceaux déjà découverts par Hahn, von Baeyer et L. Meitner, et attribués par ces auteurs au Ra D. Ils doivent probablement tous être attribués à cet élément radioactif. Le cinquième faisceau est identique au faisceau attribué déjà par les auteurs cités plus haut au Ra E; il est nettement hétérogène, la vitesse maxima des rayons qui le composent est voisine de 0,94.

Il est important de remarquer que ces faisceaux ont des intensités très diverses; une certaine régularité peut être observée dans l'ordre de succession des faisceaux intenses et faibles.

MM. J. Danysz et William Duane (2) ont montré que la charge électrique qui s'échappe sous forme de rayons β d'une sphère en verre à parois minces remplie d'émanation du radium est sensiblement égale à la charge des rayons α. Ce résultat entraîne comme conséquence, qu'un atome de Ra B, ou de Ra C, en faisant explosion, ne peut émettre plus de deux particules β.

L'existence des 27 faisceaux observés (dont les 13 premiers doivent être attribués probablement au Ra B, et les 14 plus rapides au Ra C, d'après un travail de Hahn, von Baeyer et L. Meitner) ne peut donc s'expliquer que si l'on admet que l'émission des rayons β par les atomes radioactifs d'un même élément ne se fait pas pour tous de la même manière : les atomes d'un même élément radioactif ne sont donc pas identiques entre eux.

(1) Jean Danysz, communication faite à la séance du 7 février 1913 de la Société française de Physique.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* et *Le Radium*, 1912.

LÉGISLATION, JURISPRUDENCE, ETC.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Décret nommant les membres du Comité permanent d'Électricité pour les années 1913 et 1914.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS, DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,

Vu les articles 16 et 20 de la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie électrique;

Vu le décret du 7 février 1907, modifié par décrets des 14 janvier et 15 juillet 1910, sur l'organisation du comité permanent d'électricité,

Décrète :

ARTICLE PREMIER. — Sont nommés membres du Comité permanent d'Électricité, pour les années 1913 et 1914 :

MM.

BERTHELOT (André), administrateur délégué de la Compagnie du chemin de fer Métropolitain de Paris.

BOUTAN, directeur de la Compagnie du Gaz de Lyon.

BRACHET, directeur du secteur électrique des Champs-Élysées,

BRYLINSKI, sous-directeur de la Société du Triphasé.

CORDIER, administrateur délégué de la Société Énergie électrique du littoral méditerranéen.

EQUER, administrateur délégué de la Compagnie générale parisienne des Tramways.

GUILLAIN, président du Conseil d'administration de la Compagnie française pour l'exploitation des brevets Thomson-Houston.

HARLÉ, de la maison Sautter-Harlé et Cie.

HILLAIRET, ingénieur constructeur.

LABOUR, directeur de la société l'Éclairage électrique.

MEYER (Ferdinand), directeur de la Compagnie continentale Edison.

PAVIE, administrateur délégué de la Compagnie générale française de Tramways.

PICOU, ingénieur des Arts et Manufactures.

SARTIAUX (Albert), ingénieur en chef de l'exploitation de la Compagnie du chemin de fer du Nord.

SÉE (Raymond), président de la Commission d'exploitation du Syndicat des Usines d'électricité.

MARINGER, conseiller d'État, directeur de l'Administration départementale et communale du Ministère de l'Intérieur.

LAURIOL, ingénieur en chef des services généraux d'éclairage de la ville de Paris.

MICHAUX, membre du Comité consultatif de la vicinalité au Ministère de l'Intérieur.

BELUGOU, ingénieur en chef à la direction de l'exploitation télégraphique au sous-secrétariat d'État des Postes et des Télégraphes.s

LORAIN, ingénieur en chef des Postes et des Télégraphes.

DEVAUX-CHARBONNEL, ingénieur en chef des Postes et des Télégraphes.

CORDIER, chef d'escadron du 11e régiment d'artillerie.

FERRIÉ, chef de bataillon de la direction du matériel du Génie.

SIMON, chef de bataillon, chef de l'établissement central du matériel de la télégraphie militaire.

DABAT, directeur général des Eaux et Forêts au Ministère de 'Agriculture.

TAVERNIER, inspecteur général de l'Hydraulique agricole, au Ministère de l'Agriculture.

TROTÉ, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chef du service technique de l'Hydraulique agricole, au Ministère de l'Agriculture.

DE PRÉAUDEAU, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

JULLIEN, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

MONMERQUÉ, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

ART. 2. — Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 11 février 1913.

A. FALLIÈRES.

Par le Président de la République :
Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,
Jean DUPUY.

(*Journal officiel* du 22 février 1913.)

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS, DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

Arrêté nommant le président, le vice-président, le secrétaire et les secrétaires adjoints du Comité permanent d'Electricité pour l'année 1913.

Aux termes d'un arrêté en date du 11 février 1913, sont nommés pour l'année 1913 :

Président du Comité permanent d'Électricité : M. DE PRÉAUDEAU, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Vice-président du Comité : M. GUILLAIN, président du Conseil d'administration de la Compagnie française pour l'exploitation des brevets Thomson-Houston.

Secrétaire du Comité : M. MONMERQUÉ, inspecteur général des Ponts et Chaussées, inspecteur général des services de contrôle des distributions d'énergie électrique.

MM. OURSON, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et GIROUSSE, ingénieur des Postes et des Télégraphes, sont attachés au Comité permanent d'Électricité, en qualité de secrétaires adjoints, pour l'année 1913.

SOCIÉTÉS, BILANS.

Sud-Électrique. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'assemblée générale ordinaire du 19 décembre 1912, nous extrayons ce qui suit :

1° Variation du nombre des polices desservies (particuliers) :

	Éclairage.		Force motrice.	
	Nombre.	Augmentation.	Nombre.	Augmentation.
Au 30 juin 1909....	4072		340	
Au 30 juin 1910....	4991	919	527	187
Au 30 juin 1911....	6834	1843	776	249
Au 30 juin 1912....	8391	1557	1051	275

2° Variation du nombre de lampes à incandescence desservies directement (particuliers) :

	Nombre.	Augmentation.
Au 30 juin 1909..............	36 709	
Au 30 juin 1910..............	42 812	6 103
Au 30 juin 1911..............	57 735	14 923
Au 30 juin 1912..............	70 019	12 284



3° Variation du nombre et de la puissance des moteurs branchés (particuliers) :

	Nombre.	Augmentation.	Puissance en chx.	Augmentation.
Au 30 juin 1909......	395		2497	
Au 30 juin 1910......	594	199	2976	479
Au 30 juin 1911......	849	255	4017	1041
Au 30 juin 1912......	1170	321	6196	2179

4° Variation de l'éclairage et de la force motrice (municipalités) :

	Éclairage.		Force motrice			
	Nombre de lampes.	Augmentation.	Nombre de moteurs.	Augmentation.	Puissance des moteurs en chx.	Augmentation.
Au 30 juin 1909.	4163		12		149	
Au 30 juin 1910.	4797	634	13	1	151	2
Au 30 juin 1911.	6247	1450	18	5	182	31
Au 30 juin 1912.	7368	1121	26	8	298	116

BILAN AU 30 JUIN 1912.

Actif.

	fr
Frais de constitution et d'augmentation du capital.	293 622,65
Dépenses générales de premier établissement (concessions, usines, réseaux, etc.)	17 352 743,64
Forces motrices de la Vis	1 719 428,75
Mobilier et Outillage.........................	1 »
Compteurs et installations en location..........	358 731,90
Approvisionnements..........................	368 301,34
Portefeuille	1 264 700 »
Caisses et Banques...........................	409 761,43
Débiteurs divers et effets à recevoir............	462 626,77
Cautionnements	37 950 »
Prime de remboursement des obligations........	520 070 »
Droits de transmission à recouvrer...............	38 954,40
Total de l'actif	22 826 891,88

Passif.

Capital.....................................	11 000 000 »
Obligations..................................	10 000 000 »
Réserve d'amortissement par remboursement d'obligations......................................	11 640 »
Réserve générale pour amortissements..........	50 000 »
Fournisseurs et créanciers divers...............	829 182,57
Effets à payer	80 316,75
Coupons d'obligations échus....................	74 792,46
Profits et pertes reportés......................	111 960,10
Total du passif.................	22 826 891,88

COMPTE D'EXPLOITATION AU 30 JUIN 1912.

Débit.

Dépenses d'exploitation	1 021 173,58
Contributions, assurances, redevances et frais de contrôle	61 296,20
	1 082 469,78
Bénéfices d'exploitation	774 434,36
	1 856 904,14

Crédit.

Recettes de vente de courant..................	1 784 878,53
Recettes diverses............................	72 025,61
	1 856 904,14

COMPTE DE PROFITS ET PERTES AU 30 JUIN 1912.

		fr
Frais généraux d'administration...............		59 831,90
Intérêts des obligations		533 157,85
Amortissement de 12 obligations ancienne série..		6 000 »
		598 989,75
Balance pour bénéfices :		
Report de l'exercice précédent....	13 864,83	
Bénéfice de l'exercice	250 282,36	264 147,19
		863 136,94
Report de l'exercice 1910-1911.................		13 864,83
Bénéfices d'exploitation......................		774 434,36
Revenu du Portefeuille.......................		72 529 »
Solde du compte « Intérêts et divers »		2 308,75
		863 136,94

L'Assemblée générale a décidé d'employer le solde du compte de Profits et Pertes, soit 264 147,19 fr, de la façon suivante :

Amortissement du compte Mobilier et Outillage.	102 187,09
Réserve générale pour amortissements..........	50 000 »
Total.......	152 187,09
Elle décide, en outre, de reporter à nouveau le solde, soit................................	111 960,10
Total........	264 147,19

L'Union électrique. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration aux Assemblées générales ordinaires et extraordinaire du 13 et 28 décembre 1912, nous extrayons ce qui suit :

Abonnés d'éclairage et de force motrice raccordés au 30 juin 1912.

	Nombre		
	d'abonnés.	de lampes.	de HP en service.
1905-1906	1675	9 120	1831
1906-1907.....	1845	10 325	1920
1907-1908.....	2092	11 923	2116
1908-1909.....	2118	12 528	2377
1909-1910.....	2270	13 236	2448
1910-1911.....	2716	14 843	2647
1911-1912.....	4518	26 964	4172

BILAN GÉNÉRAL AU 1er JUILLET 1912.
(Après approbation de l'Assemblée générale.)

Actif.

Immobilisations	10 696 118,38
Actif réalisable :	
a. A terme	229 217,10
b. Disponible	204 072,02
	11 129 407,50

Passif.

Engagements sociaux	3 365 427,35
Engagements envers les tiers :	
a. A terme	3 533 866 »
b. Exigibles...............................	4 228 536,69
Profits et Pertes	1 577,46
	11 129 407,50

COMPTES DE PROFITS ET PERTES AU 30 JUIN 1912.

Débit.

Intérêts	243 760 »
Frais généraux d'administration...............	19 569,75
Solde des bénéfices nets......................	239 313,11
	502 642,86

RECETTES ET DÉPENSES D'EXPLOITATION.

	1905-1906.		1906-1907.		1907-1908.		1908-1909.		1909-1910.		1910-1911.		1911-1912.	
	Électricité.	Gaz.	Électricité.	Gaz.	Électricité.	Gaz.	Électricité.	Gaz.	Électricité.	Gaz.	Électricité.	Gaz.	Électricité.	Gaz.
Recettes brutes (y compris les bénéfices sur installations).........	438287	47793	436577	48537	523446	54076	526986	62445	561421	69918	645233	83932	822813	90504
Dépenses d'exploitation et entretien...........	148004	38212	169698	45775	166692	48376	173860	55559	190513	52720	223165	71120	316326	75384
Différence.........	290282	9581	266879	2763	356753	5699	353126	6886	370908	17198	422068	12812	506487	15120
	299863fr		269641fr		362453fr		360012fr		388106fr		434880fr		521607fr	

Crédit.

Produits nets de l'exploitation................	498 760,11
Agios, rabais................................	3 882,75
	502 642,86
Solde des bénéfices nets. Exercice 1911-1912.....	239 313,11
Solde reporté de 1910-1911....................	2 701,80
	242 014,91

L'Assemblée a décidé de prélever sur le solde créditeur du compte de Profits et Pertes de 239 313,11 fr : pour amortir sur le compte Outillage, 688,80 fr; pour amortir sur le compte Compteurs en location, 6913,10 fr, soit 7601,90 fr; reste 231 711,21 fr. De doter le fonds d'amortissement des Immobilisations, 75 000 fr, qui atteindra ainsi 300 000 fr, reste 156 711,21 fr. De prélever suivant les statuts 5 pour 100 pour la réserve légale 7835,55 fr, qui passera ainsi de 32 205,20 fr à 40 040,75 fr, reste 148 875,66 fr. D'ajouter le solde reporté de 1910-1911, 2701,80 fr. Reste 151 577,46 fr.

Elle a décidé de distribuer, à titre d'intérêt sur le capital social 3 000 000 fr pour l'exercice 1911-1912, un dividende de 5 pour 100, soit 150 000 fr, et de reporter à nouveau à 1912-1913, 1577,46 fr.

Le dividende de 5 fr brut par action sera payable le 31 décembre 1912 contre remise du coupon n° 5 à raison de 4,80 fr au nominatif et de 4,55 fr au porteur.

INFORMATIONS DIVERSES.

Avantages de la préparation électrique des aliments. — Ces avantages d'un nouveau genre viennent d'être signalés par J.-P.-A. Cross, de Chicago, qui attire l'attention des maîtresses de maison sur ce fait qu'un gigot de mouton pesant 4,1 kg rôti à l'électricité perd environ 0,7 kg de moins que si on le rôtit au gaz ou au charbon. Des expériences très précises entreprises en Angleterre par divers industriels ont montré également que le rôtissage au gaz et au charbon réduit le poids de la viande dans la proportion de 25 à 30 pour 100, tandis que le même morceau traité par l'électricité ne subit qu'un déchet de 10 à 20 pour 100. Georges Dettmar attribue cette économie à la répartition plus régulière de la chaleur électrique, les autres modes de chauffage produisant en certains points une surchauffe qui détruit les éléments constitutifs de la viande. Il ajoute même que les rouelles sautées dans une poêle électrique ont un fumet et un goût incomparablement meilleurs que tout ce qui sort d'une poêle à gaz. C'est encore une des conséquences de l'uniformité du chauffage électrique. Le tableau suivant dressé par K.-B. Mathews indique les pertes de poids subies par différents morceaux de viande selon le mode de chauffage adopté.

Espèce de viande.	Poids avant le rôtissage.	Poids après le rôtissage.	Nature du chauffage.	Perte de poids en p. 100.
	kg	kg		
Entrecôte	2,47	1,70	Charbon	31,0
Gigot de mouton ..	3,87	2,64	»	31,7
Épaule de mouton..	3,09	2,30	»	25,5
Gigot de mouton ..	3,74	2,72	Gaz	27,3
» » ...	3,63	3,06	Electricité	15,7
Epaule de mouton..	2,16	1,88	»	13,0
Entrecôte.........	4,11	3,35	»	18,6
Gigot de mouton ..	4,11	3,46	»	15,8
Épaule de mouton..	2,55	2,27	»	11,0

Enfin, pour les maîtresses de maison économes, mais désireuses néanmoins de traiter convenablement leurs convives, le tableau ci-dessous contient, avec le poids de la viande rôtie, la quantité qu'il faut commander au boucher, suivant le mode de cuisson; la dépense supplémentaire provenant du charbon ou du gaz est appréciable.

Poids de la viande rôtie.	Poids à commander			Économie réalisée par l'emploi de l'électricité au lieu de	
	électricité.	charbon.	gaz.	charbon.	gaz.
Bœuf					
kg	kg	kg	kg	fr	fr
1,82	2,04	2,58	2,67	1,18	1,35
3,18	3,60	4,54	4,68	2,10	2,35
4,54	5,16	6,50	6,67	2,94	3,36
5,45	6,19	7,78	8,03	3,53	4,12
Mouton					
1,82	2,04	2,47	2,50	0,84	0,84
3,18	3,60	4,29	4,40	1,26	1,51
4,54	5,16	6,13	6,33	1,76	2,18
5,45	6,19	7,37	7,58	2,27	2,60

Tome XIX. N° 222. — 21 mars 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Dans le précédent numéro, nous avons appelé l'attention de nos lecteurs sur la très importante contribution apportée par notre collaborateur M. MAUDUIT à la question si complexe de la **commutation dans les dynamos à courant continu.** On trouvera dans ce numéro (p. 261 à 266) la conclusion de son étude expérimentale et l'on verra que, tout en admettant l'équation de Girault qui a été l'objet de tant de développements mathématiques de l'autre côté de la frontière, M. Mauduit est d'avis que seule l'expérimentation est capable de faire connaître les fonctions ε qui y entrent.

Un court article sur le **diagramme bipolaire des alternateurs synchrones** (p. 266-268), d'après une récente communication de M. A. BLONDEL à l'Académie des Sciences, donne une généralisation du diagramme proposé par l'auteur dès 1898.

Les récents perfectionnements apportés aux **chaudières Niclausse** sont l'objet d'une description, pages 268 à 270; à signaler les dispositifs employés pour le nettoyage des tubes.

Les **allumages prématurés des moteurs à explosion ou à combustion** font souvent plus de bruit que de mal. Mais s'ils se produisent pendant la compression, leurs conséquences peuvent être très graves, bien qu'alors ils passent souvent inaperçus parce que peu bruyants. M. LETOMBE signale, pages 270-271, les moyens de remédier à ces allumages prématurés.

La question des **isolateurs pour haute tension** préoccupe toujours les constructeurs et exploitants de lignes de transmission. Ils trouveront, pages 273 à 276, une intéressante étude de M. SOTHMAN sur les isolateurs à suspension.

Faute de place, nous ne pouvons que signaler : l'intéressant rapport de M. DROUET sur la **téléphonie automatique en Allemagne**, dont une analyse est donnée pages 278 à 282 ; les recherches du major O. SQUIER sur l'**utilisation des ondes à haute fréquence dans la télégraphie avec fils** (p. 282-284) ; la revendication de priorité de M. A. BLONDEL concernant la **télégraphie avec fil par étincelles musicales** (p. 285-286); les travaux de notre collaborateur M. TURPAIN sur l'**inscription des signaux hertziens** (p. 288-290); etc.

J. B.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : 7, rue de Madrid, Paris (8e). — Téléph. { 549.49. 549.62.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité; Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité; Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Sixième Bulletin bimensuel de 1913.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité de l'Union des Syndicats de l'Electricité du 9 février 1913.

Présents : MM. Guillain, président; Cordier, Eschwège, Marquisan, vice-présidents; Fontaine, secrétaire; Chaussenot, secrétaire adjoint; Beauvois-Devaux, trésorier; Berthelot, Boutan, Cance, Godinet, F. Meyer, Pinot, Sartiaux, Sciama, Sée, M. Brachet suppléant M. Brylinski; M. Paré suppléant M. Coze.

Absents excusés : MM. Legouez, vice-président; Brylinski, Cotté et Zetter.

M. Guillain occupe le fauteuil de la présidence.

Il est rendu compte de la situation de caisse depuis la dernière séance.

Fixation du nombre de délégués de chaque syndicat (Art. 10 des statuts). — La liste des délégués titulaires et suppléants pour l'année 1913 est communiquée au Comité et définitivement arrêtée.

Nomination du Bureau. — Le Comité procède à l'élection du Bureau dans les termes de l'article 10 des statuts.

Sont élus par acclamation :

Président : M. Guillain.

Vice-présidents : MM. Cordier, Eschwège, Legouez, Marquisan.

Secrétaire : M. Fontaine.

Secrétaires adjoints fonctionnaires : MM. Chaussenot et Vautier.

Trésorier : M. Beauvois-Devaux.

Budget des recettes. — Le budget des recettes, prévues pour 1913, est arrêté à la somme de 6499 fr.

Correspondance. — La Chambre de Commerce de Paris a fait connaître la composition de son Bureau, pour les années 1913 et 1914. Il est donné acte de cette communication.

Documents officiels. — Le Comité de l'Union a pris connaissance des documents suivants :

Loi du 15 janvier 1913 interdisant dans la partie maritime des fleuves et cours d'eau utilisables pour la défense nationale toute obstruction quelle qu'elle soit, sans avis favorable du département de la marine et sans approbation du Parlement (*Journal officiel* du 17 janvier 1913).

Arrêté du Ministre des Travaux publics, des Postes et Télégraphes, en date du 11 janvier 1913, nommant des membres de la Commission des distributions d'énergie électrique (*Journal officiel* du 19 janvier 1913). Arrêté du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, en date du 16 janvier 1913, relatif à la composition de la Commission des distributions d'énergie électrique (*Journal officiel* du 19 janvier 1913).

Poteaux types pour canalisations aériennes. — Il est rendu compte au Comité des travaux de la Commission intersyndicale chargée d'étudier cette question. Les premiers éléments d'un album ont été réunis. Le Comité demande aux présidents des Syndicats intéressés d'envoyer une circulaire à leurs adhérents pour les engager à entrer autant qu'il leur sera possible dans les vues de l'Administration.

Avis juridique. — Le Comité a pris connaissance des conclusions du Comité du contentieux de l'Union sur l'application de la loi du 15 juin 1906 aux concessions antérieures à cette loi en ce qui concerne : 1° l'extension des canalisations; 2° la communication des états de renseignements relatifs à la statistique de l'Industrie électrique en France.

Lettres des Chambres de Commerce sur la législation des poids et mesures et le contrôle des compteurs. — Le Secrétariat a reçu les premières réponses des Chambres de Commerce sur les questions qui avaient été posées à ce sujet par le Comité de l'Union. La très grande majorité des réponses est favorable aux idées émises par le Comité.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue d'Édimbourg, 9.

Téléphone : 507-59.

Sixième Bulletin bimensuel de 1913.

Cotisations.

Afin d'éviter des frais de recouvrement, MM. les membres adhérents du Syndicat sont priés de bien vouloir adresser leur cotisation de 1913 au Secrétariat qui leur en délivrera quittance signée du Trésorier.



Service de placement.

Nous rappelons à Messieurs les industriels membres du Syndicat que le service de placement est à leur disposition en vue de leur signaler des candidats, munis de références, pour les emplois qui seraient vacants dans leur Maison. Nous les prions, en conséquence, de bien vouloir nous signaler le personnel dont ils auraient besoin pour que nous les aidions à le trouver.

Récompenses au personnel.

En vue du prochain banquet de l'Union, MM. les Membres adhérents qui auraient des candidats à présenter pour les différentes récompenses officielles, notamment *les médailles d'honneur du travail*, ainsi que pour *les médailles du Syndicat*, sont priés de se conformer strictement aux indications contenues dans la lettre circulaire qui leur a été adressée.

Nous attirons leur attention sur la nécessité absolue de nous faire parvenir les dossiers *complets et de suite*, toute demande en retard ne pouvant être suivie.

Bibliographie.

MM. les Membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général:

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les Annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° *Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans les immeubles et leurs dépendances;*

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;

7° Le Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 200 volts;

8° La brochure sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

9° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat professionnel des industries électriques (édition de 1907);

10° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Annuaire* de 1912, p. 104);

11° L'affiche « Conseils pour éviter la tuberculose »;

12° Affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

13° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et les principaux décrets, arrêtés, circulaires relatifs à l'application de cette loi (par brochures séparées);

14° *Arrêté technique du* 21 *mars* 1911, en application de la loi du 15 juin 1906;

15° Imprimés préparés pour *demandes de concession* de distribution d'énergie électrique (conformes au Cahier des charges type);

16° États de renseignements à fournir à l'appui d'une demande annexe n° 3 à la circulaire ministérielle du 25 octobre 1908;

17° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris;

18° Renseignements relatifs à l'application de la loi du 5 avril 1901 sur les retraites ouvrières et paysannes;

19° Renseignements relatifs au fonctionnement de la Caisse syndicale de retraites des forges, de la construction mécanique, des industries électriques et de celles qui s'y rattachent.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

Sixième Bulletin bimensuel de 1913.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Commission technique du 8 février 1913.

Présents : MM. Eschwège, président du Syndicat; Tainturier, président de la Commission; Fontaine, secrétaire général; Armagnat, Della Riccia, Lebaupin, Lecler, Mercier, Nicolini, Paré, Villiers.

Absents excusés : MM. Brylinski, Cotté, Rieunier.

Types de poteaux employés pour les canalisations aériennes. — M. le Président demande aux membres de la Commission d'envoyer au Secrétariat des dessins de poteaux pour répondre au désir de l'Administration des Travaux publics.

Emploi de l'électricité en agriculture. — La Sous-Commission qui s'occupe de l'exposition au Concours agricole sous les auspices de la Chambre syndicale rend compte des démarches faites et des résultats obtenus. Un emplacement de 180 m² sous hangar a été mis à la disposition du Syndicat qui, après entente avec divers constructeurs, y fera figurer un certain nombre de machines agricoles et appareils de laiterie mus électriquement. L'installation fonctionnera pendant toute la durée du Concours du 19 au 26 février inclus.

Une notice indiquant les avantages de l'électricité dans les fermes sera distribuée sur place. Elle sera en outre envoyée à tous les adhérents que la question peut intéresser.

Cahier des charges sur les interrupteurs a huile. — M. Caudrelier sera joint à la Sous-Commission composée de MM. Chevrier et Mercier.

M. Eschwège propose comme question à étudier la mise en parallèle des centrales. Un rapporteur sera désigné dans une prochaine séance.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 1er mars 1913.

Membre actif.

M. Steiner (Léon), ingénieur électricien, 13, rue des Écoles, Paris, présenté par MM. Rosenbaum et E. Fontaine.

Membres correspondants.

MM.

Boisson (René), électricien, rue de la Chaussée, Chantilly (Oise), présenté par MM. Georges Leconte et Vallançon.

Bons (Henri), ingénieur civil, ancien élève de l'École Polytechnique et de l'École supérieure d'Électricité, 13, rue Maréchal Soult, Alger (Algérie), présenté par MM. Eschwège et Fontaine.



CHABANIER (Eugène-Emmanuel-Louis), ingénieur I. D. N., chef du laboratoire d'électricité et de chimie de la Société Tudor, Usine de l'accumulateur Tudor, Lille (Nord), présenté par MM. Eschwège et E. Fontaine.

GILBERT (Frédéric), chef d'usine, domaine d'Armainvilliers (Seine-et-Marne), présenté par MM. Eschwège et de la Ville le Roulx.

MARTY (Louis-Émilien-Hippolyte), ingénieur électricien I. E. G., monteur à la Société alsacienne, à Belfort, chez Mme Hubert, 2, rue de l'Esplanade, La Fère (Aisne), présenté par MM. Mognetti et Fontaine.

Bibliographie.

1° Collection complète des Bulletins de 1896 à 1907;

2° Loi du 9 avril 1898, modifiée par les lois des 22 mars 1902 et 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail;

3° Décrets portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 9 avril 1898;

4° Circulaire ministérielle du 24 mai 1911, relative aux secours à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs d'énergie électrique (affiche destinée à être apposée exclusivement à l'intérieur des usines et dans leurs dépendances);

5° Circulaire analogue à la précédente (affiche destinée à être apposée à l'extérieur des usines, à la porte des mairies, à l'intérieur des écoles et dans le voisinage des lignes à haute tension);

6° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray;

7° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs;

8° Rapport de la Commission des compteurs, présenté au nom de cette Commission par M. Rocher au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903;

9° Rapport de la Commission des compteurs relatif aux réponses des constructeurs de compteurs aux *desiderata* qui leur ont été soumis par la Commission;

10° Modèle type de bulletin de commande de compteurs;

11° Décret sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques;

12° Loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie, et les principaux décrets, arrêts et circulaires pour l'application de cette loi;

13° Modèle de police d'abonnement.

14° Calculs à fournir dans l'état de renseignements joint à une demande de traversée de voie ferrée par une canalisation électrique aérienne;

15° Guide juridique et administratif des entrepreneurs de distributions d'énergie électrique pour l'application de la loi du 15 juin 1906 et de ses annexes, par Ch. Sirey;

16° Instructions générales pour la fourniture et la réception des machines;

17° Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 2000 volts;

18° Communication de M. Zetter sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

19° Cahier des charges type pour le cas de concession par communes;

20° Instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques de la première catégorie dans les immeubles et leurs dépendances;

21° Instructions sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques (Arrêté de M. le Ministre du Travail du 19 août 1912).

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations, comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Jurisprudence et contentieux. — Comité consultatif du 3 février 1913, p. 295.

Chronique financière et commerciale. — Nouvelle Sociétés p. XXXIX. — Demandes d'emplois, p. XLI. — Premières nouvelles sur les installations projetées, p. XLV. — Nouvelles installations, p. XLV.



GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Recherches expérimentales et théoriques sur la commutation dans les dynamos à courant continu (*suite*) [1].

V. Essais sur dynamo : rôle du champ de l'induit. — Nous nous sommes proposé, dans ce complément de nos essais, de mettre en évidence le point controversé du rôle du champ de l'induit dans la commutation.

Pour cela, nous avons utilisé une dynamo d'un ancien modèle bien connu, dû à Rechniewski, pouvant débiter 50 ampères sous 115 volts, à la vitesse de 1750 t : m. Dans cette dynamo, la denture est très ouverte; l'ouverture de l'encoche est, en effet, de 11 mm pour un entrefer de 2 mm sur le rayon, ce qui nécessite des pièces polaires feuilletées; ici, l'inducteur est tout entier feuilleté, et composé de tôles minces comme l'induit. Les flux variables de toute nature, qui peuvent se développer dans le fonctionnement de la dynamo, sont alors très peu amortis (puisqu'il n'y a pas de pièces conductrices massives) et la machine se prête très bien à leur mise en évidence et à leur étude.

D'autre part, l'induit est bobiné en tambour *diamétral* (*fig.* 30) et fort peu divisé, puisqu'il comporte seulement 18 sections de chacune 6 spires, placées dans 18 encoches à raison de deux demi-sections superposées dans chaque encoche, à la façon moderne; l'enroulement est toutefois exécuté en *chignon*, et non sur gabarit, ce dernier procédé n'étant pas connu à l'époque de la construction de cette machine.

Pour ne modifier en rien le fonctionnement de la dynamo, étant donné, d'ailleurs, que nous n'avions pas pour but de reprendre les essais d'Arnold et de Jordan, mais seulement de vérifier quelques points particuliers du rôle des flux, nous nous sommes contenté de monter sur le collecteur deux bagues en laiton isolées, reliées par des vis à deux lames consécutives du collecteur, afin de relever à l'oscillographe la tension induite dans la section correspondante; nous avons de plus disposé, à côté de chaque balai, un petit frotteur en laiton mince permettant de prendre également la tension entre le balai et un point fixe dans l'espace sur le collecteur. Dans certains essais, un contact électrique sur bague supplémentaire indiquait grossièrement le temps du court circuit de la section sous le balai.

On employait un seul balai par ligne, constitué par un bloc Z du « Carbone » de 15 mm de développement périphérique sur 20 mm de largeur; les lames ayant 18,3 mm d'épaisseur, le balai ne pouvait commuter qu'une seule section. Le nombre de lames étant pair, et les balais symétriquement placés aux extrémités d'un diamètre, il y avait deux sections commutées symphasiquement sous les deux balais, ces sections étant situées dans les deux mêmes encoches.

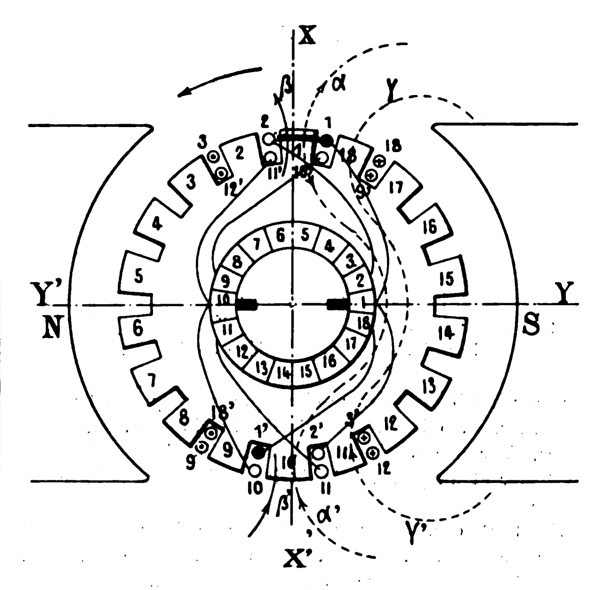


Fig. 30. — Schéma de l'induit de la dynamo R.

On sait que, si le champ inducteur est fixe dans l'espace et dans le temps, à vide par exemple, et si ses deux demi-périodes successives sont égales au signe près (autrement dit, si la répartition du champ suit la même loi, au signe près, le long des deux pôles de l'inducteur), la courbe de la tension engendrée dans la section par une rotation uniforme, relevée à l'oscillographe, représente aussi la loi de répartition du champ dans l'entrefer.

Si le champ est fixe dans l'espace et dans le temps, mais différent sous les deux pièces polaires, la courbe de la tension produite, dans une section *diamétrale* représente la courbe de répartition du champ, débarrassée de ses harmoniques pairs.

Enfin, si le champ n'est pas fixe dans l'espace ou s'il subit des variations dans le temps, la courbe de tension de la section représente toujours la valeur $-n\frac{d\Phi}{dt}$, suivant la loi générale de l'induction, mais non plus la répartition du champ dans l'espace.

Champ statique de l'induit. — La figure 31 donne le champ statique de l'induit relevé au balistique, au moyen d'une bobine d'exploration visible autour de la dent 1 dans la figure 30. On déplaçait l'induit dent par dent, et l'on vérifiait chaque fois le calage à la ligne neutre, en ramenant à zéro l'élongation produite, dans un voltmètre

[1] A. Mauduit. Communication faite à la séance du 4 décembre de la Société internationale des Électriciens. Voir *La Revue électrique* du 7 février, p. 117-123, du 21 février, p. 158-164 et du 7 mars, p. 209-220.

6.

sensible branché aux bornes de l'inducteur, par la coupure du courant d'induit.

La courbe montre que le champ d'induit est peu variable dans la zone correspondant à trois dents, soit une dent de part et d'autre de celle qui est située dans la ligne

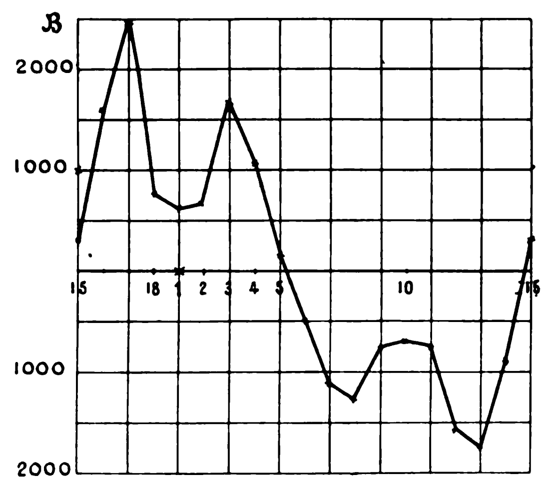


Fig. 31. — Champ statique de l'induit.

neutre : il a bien la forme classique, sauf qu'il est un peu irrégulier, au point de vue de l'induction aux cornes polaires, à cause vraisemblablement de la petitesse de l'entrefer et du peu de régularité de la pièce polaire ellemême.

En tout cas, on y remarque que le rapport de la moyenne des flux des six dents de la zone neutre de l'inducteur à la moyenne des quatre flux aux cornes polaires a pour valeur

$$\frac{765 + 625 + 665 + 740 + 700 + 750}{1720 + 1280 + 1730 + 2450} \times \frac{4}{6}$$

$$= \frac{707}{1795} = \sim 0,4,$$

ce qui revient à dire que le champ de l'induit dans la zone de commutation a sensiblement pour valeur les $\frac{2}{5}$ de son maximum, atteint au voisinage des cornes polaires.

Essai en court circuit. — Lorsqu'on fait tourner la machine en court circuit, avec une excitation très faible, de façon à obtenir le même débit, à part les pointes dues à la commutation et la présence d'un très léger champ dû à l'excitation, le champ de l'induit doit être représenté par une courbe peu différente de celle-là.

Or, ***la courbe, au lieu de présenter un minimum d'amplitude égal aux $\frac{2}{5}$ de celle des sommets comme à l'état statique, tombe à zéro dans la zone neutre de l'inducteur.***

Nous touchons là au point controversé du rôle du champ transversal de l'induit et le cliché 26′ de la figure 32 établit nettement ce point.

Alors que le champ est appréciable dans cette zone, le fait que la f. é. m. est nulle dans la section prouve qu'il n'y a pas de variation de flux dans la section et, par suite, que le flux se déplace avec elle.

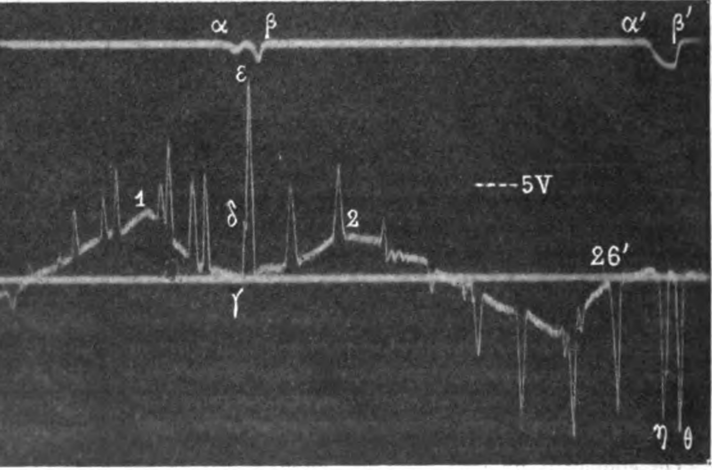
En effet, la commutation dans la section, par suite de l'absence de champ de commutation, d'une part et, d'autre part, à cause de la faible valeur de la résistance ohmique, du peu d'importance des d. d. p. de contact et de la grande valeur de la self-induction, se fait sensiblement de la façon suivante : pendant presque tout le passage sous le balai, le courant varie très peu dans la section et l'inversion se fait brusquement dans l'étincelle finale.

Considérons, dans la figure 30, la section 1-1′ qui va entrer en commutation. Le flux à travers la section 1-1′ peut être décomposé en flux traversant l'inducteur et en flux transversal n'intéressant pas l'enroulement inducteur.

Supposons d'abord que le flux inducteur, d'ailleurs extrêmement petit en court circuit, soit constant à travers la section pendant son déplacement, et ne nous occupons que du flux transversal; nous reviendrons au flux inducteur ensuite.

Tant que le courant ne varie pas dans la section, rien n'est changé à la valeur et à la disposition des ampères-tours de l'induit par rapport à cet induit et, comme il tourne, ses ampères-tours tournent avec lui : le champ est entraîné en avant.

Si l'induit tournait dans un espace libre, sans pôles inducteurs, le champ ne subirait pendant cette rotation aucune variation d'amplitude : dans notre cas, par suite de la présence des pôles inducteurs, il se déforme en tournant; mais, comme la réluctance des lignes de force partant de la zone neutre est sensiblement la même pour toutes les lignes de la partie centrale de cette zone (comme



Vit. 1400 t : m; exc. $i = 61\ m\Omega$; $I = 26$ ampères; fortes étincelles.

Fig. 32. — Tension de section en court circuit.

le montre la forme du champ statique), la partie du flux d'induit traversant la section 1-1′, qui s'échappe par les dents 1 et 10, est entraînée librement avec la section et la dent, et ne subit pas de variation notable, ce qui explique que la f. é. m. est nulle dans la section pendant ce temps.

Il n'en est pas de même dans les sections qui s'écartent

de la ligne neutre : la réluctance est rapidement variable aux cornes polaires et le champ de l'induit à travers ces sections ne participe pas librement au mouvement de l'induit : des f. é. m. y sont produites tant par la variation du champ que par son déplacement relatif.

Au moment où l'inversion de courant se produit brusquement dans la section sous le balai, la répartition des ampères-tours change sur l'induit et le champ revient en arrière de l'intervalle d'une dent; à ce moment toutes les sections, mais particulièrement la section dans la zone neutre et ses voisines, subissent une modification rapide du flux et sont soumises à des f. é. m. représentées par les pointes du cliché 26' de la figure 32.

En résumé, le champ de l'induit se déplace et exécute une oscillation périodique, dont la période correspond au passage d'une lame de collecteur : le déplacement est très petit pour les points situés sur les pièces polaires et au voisinage immédiat des cornes polaires; mais, dans la zone neutre centrale, ce déplacement est sensiblement le même que celui de l'induit, et il n'y a pas de f. é. m. due à un flux transversal (ce qu'on appelle e_q dans l'école d'Arnold) produite dans les sections qui s'y trouvent : au moment du renversement brusque du courant, le champ revient brusquement en arrière à son point de départ.

Avant la commutation, la spire 1-1' était traversée (*fig.* 30) par le flux $\alpha\beta$ s'échappant de la dent 1 et rentrant par la dent 10; après la commutation, elle sera venue dans la position 2-2' et sera traversée par le même flux en sens inverse. Le phénomène de la commutation consiste essentiellement dans l'inversion de ce flux pendant le court circuit : cette inversion se fait le plus généralement par la fourniture d'un flux égal et contraire provenant, soit de l'inducteur principal, soit de pôles auxiliaires; aucune f. é. m. e_q, provenant d'un déplacement de l'induit dans son champ, n'y intervient; mais le flux à commuter n'est pas seulement produit par la section, il est engendré par *tous* les ampères-tours de l'induit à travers la section considérée.

Il est facile de voir ce qui va se passer quand le courant, au lieu de ne varier dans la section qu'au moment final, suit une loi quelconque.

Si la variation est linéaire, la modification des ampères-tours est telle que le champ entraîné dans un sens par la rotation est ramené en arrière par le jeu de la variation des ampères-tours, de telle façon que, finalement, il reste fixe dans l'espace : et alors il est indifférent de considérer que la f. é. m. induite est due au déplacement de la section dans le champ ou à la variation du flux total.

Mais, quand la loi cesse d'être linéaire et devient quelconque, le mouvement du champ dans l'espace (pour les lignes de force de la zone de commutation) est la différence de l'entraînement en avant par rotation et du rappel en arrière par variation des ampères-tours; la f. é. m. produite dans la section entraînée par la rotation provient exclusivement du déplacement dû à la variation des ampères-tours.

Il n'est plus alors indifférent de faire intervenir des f. é. m. dues à un déplacement dans un champ fixe, ou des f. é. m. provenant d'une variation du flux total symphasique de i; c'est cette dernière conception qui est seule exacte.

On peut encore écrire l'équation de commutation sous la forme classique, mais il faut appeler *coefficient d'induction de la section* une valeur correspondant au flux total traversant la section sous l'action de tous les ampères-tours de l'induit et s'échappant par la dent en dehors de l'inducteur, et non au flux de fuite de dent à dent; il n'y a pas alors à considérer de f. é. m. due au déplacement de l'induit dans son champ, mais seulement au déplacement de l'induit dans le champ inducteur ou champ de commutation.

C'est la conception de Fischer-Hinnen, qui est la seule exacte, contrairement à l'opinion d'Arnold.

Il est vrai qu'Arnold, se rendant compte que le champ induit se déplace, signale qu'il faut ajouter à la f. é. m. e_q des f. é. m. supplémentaires pour tenir compte des oscillations supérieures du champ d'induit; mais le calcul est des plus compliqués et des moins sûrs; combien plus simple est la conception de Fischer-Hinnen, à la place de cette décomposition fictive !

Examinons maintenant quel rôle joue le champ à travers l'enroulement inducteur que nous avons supposé constant dans la section. Ce champ résultant se compose de deux éléments : le champ produit par l'inducteur et le champ produit par l'induit.

Dans la dynamo en fonctionnement normal, le champ dû au courant inducteur varie dans la section pendant sa rotation et, pour les balais convenablement placés, facilite la commutation; dans notre essai en court circuit, ce champ est très petit et sa variation est négligeable dans la commutation. Mais, si l'on observe à l'oscillographe le courant inducteur successivement à vide et en court circuit, on obtient le cliché 24' de la figure 35 *a*; à vide, le courant inducteur est constant et représenté par la droite α; en court circuit il devient une ligne brisée $\beta\gamma\delta$.

Le courant inducteur était, dans cet essai, fourni par une batterie d'accumulateurs sous 6 volts, avec une résistance de 50 ohms intercalée dans l'inducteur, dont la résistance avait environ la même valeur 50 ohms (le courant était, en effet, 61 milliampères).

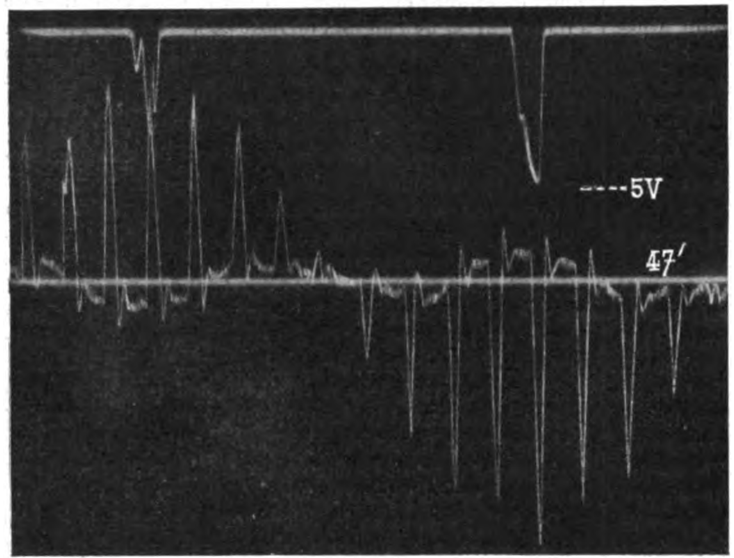
Cette forme du courant inducteur s'explique très aisément.

Partons de la position représentée par la figure 30, alors que l'axe de la dent 1 est dans la ligne neutre d'inducteur. A ce moment, les ampères-tours de l'induit sont symétriques par rapport à la ligne neutre et leur résultante ne tend à produire aucun flux à travers l'inducteur. Pendant la rotation, sans variation de courant dans la section 1-1', les ampères-tours se déplacent, et, si l'on suppose que les courants soient représentés par les points de l'encoche 3 et les croix de l'encoche 18, ils tendent à produire dans l'inducteur un flux pénétrant dans le pôle de gauche : les ampères-tours résultants croissent proportionnellement à l'angle de déplacement et, si rien ne s'y opposait, un flux serait produit dans l'inducteur, de zéro à une certaine valeur φ_0, suivant une loi linéaire; au moment où l'inversion de courant s'effectue dans la section, les ampères-tours reviennent à leur position de départ et le flux s'annule brusquement, pour recommencer indéfiniment la même manœuvre. En pratique, il y a donc une réaction directe de l'induit



de valeur moyenne $\frac{\varphi_0}{2}$, oscillant autour de cette valeur moyenne de 0 à φ_0.

Mais ce flux traverse l'enroulement inducteur qui est pratiquement en court circuit et, suivant la loi générale, y développe un courant qui tend à l'étouffer et est, par suite, représenté au signe près par une variation de même nature; c'est ce qu'on trouve avec une netteté frappante dans la figure 35 *a*. Naturellement, le courant induit dans l'inducteur oscille autour de la valeur de ce même courant à vide et non au-dessus; il est représenté par $\beta\gamma\delta$ dans la figure 134, ce qui correspond, dans la figure 136 à ABC par rapport à l'axe OO', et non par rapport à AX : le flux moyen $\frac{1}{2}\varphi_0$ n'agit pas pour produire un courant, il se combine seulement avec le flux inducteur principal, (par soustraction, car il est antagoniste dans la dynamo) pour donner le flux résultant; seules les variations du flux autour de la moyenne produisent le courant $\beta\gamma\delta$.



Vit. 1350 t : m ; I = 22 ampères.

Fig. 33. — Tension de section : alimentation extérieure avec inducteur ouvert.

Les irrégularités du cliché 24' proviennent des irrégularités de la commutation, car la ligne brisée suit la variation du courant dans la section combinée avec la rotation ou, ce qui revient au même, l'oscillation du flux de l'induit dans l'espace.

Dans ce cliché, le courant débité est 25 ampères; il y a deux sections de 6 spires en commutation en même temps, cela fait une production de

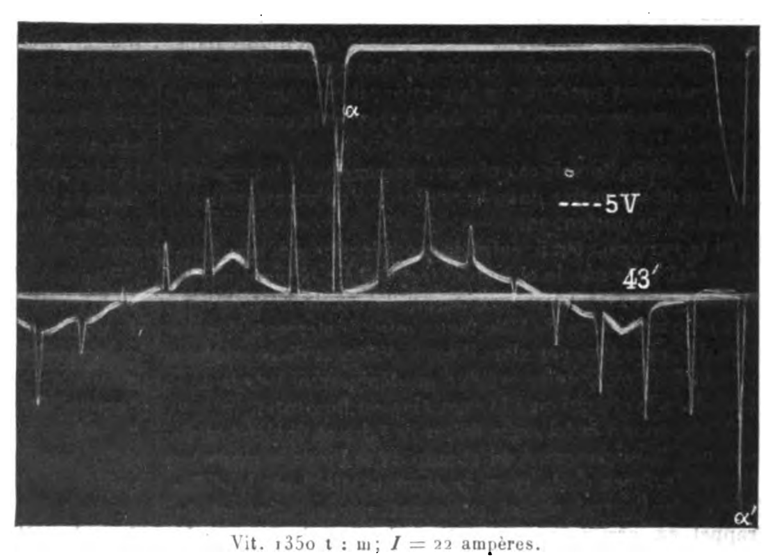
$$2 \times 12 \times \frac{25}{2} = 500 \text{ ampères-tours antagonistes.}$$

et, comme il y a 2523 spires sur l'inducteur, cela correspond à une variation maximum de 120 milliampères pour le courant inducteur : le cliché accuse une variation de 80 milliampères, ce qui montre que les $\frac{2}{3}$ environ du flux sont étouffés, le reste correspondant aux fuites du système induit-inducteur.

Essai avec alimentation extérieure de l'induit. — Si au lieu de faire tourner la dynamo avec une légère excitation en court circuit, on fournit à l'induit un courant provenant d'une source extérieure, avec balais calés dans la ligne neutre, on pourra à volonté laisser le circuit inducteur ouvert ou le fermer en court circuit, et l'on pourra ainsi compléter l'étude précédente.

Le cliché 47' de la figure 33 se rapporte au cas de l'inducteur ouvert (le bifilaire est insuffisamment amorti). Comparé au cliché 26' de la figure 32 en court circuit, il manifeste les deux différences principales suivantes : 1° à la zone neutre, la f. é. m. descend au-dessous de l'axe des temps, c'est-à-dire est en sens inverse de celle que produirait le déplacement de la section dans le champ transversal d'induit, s'il était fixe; 2° les pointes de tension restent très grandes pour les sections voisines de celle qui est commutée, presque égales à la pointe maximum.

Ces deux résultats proviennent de la présence du flux variable à travers l'inducteur, créé par le déplacement des ampères-tours de l'induit, et non étouffé ici.



Vit. 1350 t : m ; I = 22 ampères.

Fig. 34. — Tension de section : alimentation extérieure avec inducteur en court-circuit.

Ce flux traverse la section commutée dans le même sens que le flux transversal avant commutation et, comme il croît à travers la section pendant la rotation, il donne une f. é. m. de sens inverse au courant, c'est-à-dire qu'il favorise la commutation pendant le dépla-

cement des ampères-tours en avant; mais, pendant le retour du champ en arrière, il décroît rapidement et donne une f. é. m. de sens défavorable : il agit donc à ce point de vue un peu comme la résistance ohmique de la section, favorisant d'abord le renversement, puis s'y opposant ensuite; toutefois, son action dépend, non du sens du courant, mais de l'écart entre le courant dans la section et la valeur que ce courant aurait dans la commutation linéaire; autrement dit, il dépend du déplacement des ampères-tours induits dans l'espace et n'existe pas dans la commutation linéaire.

Le fait que les pointes de tension décroissent peu autour de la section commutée provient de ce que ce flux traverse presque en entier toutes les sections qui sont en dehors des pièces polaires et même aux cornes polaires : l'induction mutuelle de la section commutée et des voisines est augmentée de ce fait; la tension de section aux cornes polaires est notablement abaissée pour la même raison.

Si, maintenant, on ferme l'enroulement inducteur en court circuit, on se retrouve dans le cas des essais précédents, à part la suppression du champ inducteur très faible, dû au courant d'excitation; on doit donc obtenir une courbe de tension très analogue à celle de la figure 32'; c'est ce qui arrive, comme le montre le cliché 43' de la figure 34, pris avec inducteur en court circuit, et le cliché 44' de la figure 35 *b*, donnant le courant dans cet inducteur en court circuit, reproduit identiquement, à part l'absence du courant inducteur principal, le cliché 24' de la figure 35 *a*.

Tout cet ensemble se corrobore donc complètement.

En pratique, le circuit de l'inducteur étant dans la dynamo-shunt fermé sur l'induit de self-induction relativement petite, se comporte comme s'il était en court circuit et étouffe ce flux variable, qui n'intervient donc pas dans la commutation.

Donnons en passant les deux clichés de la figure 36, qui mettent en évidence une propriété importante de la commutation, savoir l'amortissement considérable exercé par une section en court circuit sur une autre section terminant sa commutation, lorsque ces deux sections sont dans la même paire d'encoches.

Ces deux clichés ont été relevés en prenant à l'oscillographe bifilaire la tension entre l'arête de sortie du balai et un frotteur touchant le collecteur en un point placé à quelques millimètres en avant de cette arête, ce qui donne la tension entre la lame avant et le balai en fin de commutation. La partie supérieure est consacrée au balai négatif, l'autre au balai positif.

Dans le cliché 40', la commutation se faisait très tôt sous le balai + qui touchait mal à la sortie et ne crachait pas, tandis que le balai — crachait notablement (pointe de 6 à 8 volts).

On voit sur le tracé inférieur (balai +) une première pointe α, coupure de commutation, et une pointe β action mutuelle de l'autre section dont la commutation se fait plus tard, alors que la première a déjà quitté le court circuit.

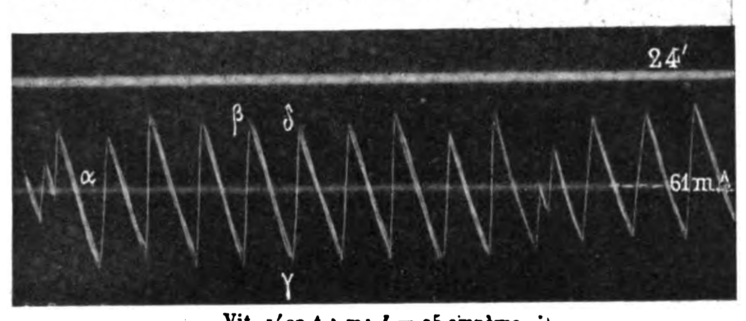
Après réglage du balai +, ce dernier s'est mis à cracher également, sa commutation se terminant presque en même temps que l'autre, quoique encore un peu plus tôt, comme le montrent les pointes accolées et mélangées du cliché 41'.

VI. Conclusion. — Terminons par quelques remarques qui nous semblent se dégager de notre travail, dont nous avons essayé ici de donner un résumé.

1° L'étude des contacts, au moyen de notre système de commutation artificielle, montre que la tension de contact entre le balai de charbon et la lame n'atteint jamais, dans le contact vrai, une valeur notable, mais tend rapidement vers une limite comprise entre 1 et 2 volts, et souvent de l'ordre de grandeur du volt. Il en résulte que le rôle des tensions de contact est beaucoup moins important que celui qu'on leur prête dans la théorie moderne et que la commutation dépend surtout des flux en jeu; d'autre part, tous les modes de calculs, basés sur la décomposition des courants dans la section, conduisent forcément à des résultats faux, puisqu'il s'agit de circuit dans lesquels la résistance varie avec la densité de courant.

2° La valeur adoptée pour le coefficient de self-induction de la section ainsi que le rôle du champ de l'induit sont souvent inexacts et les décompositions fictives, utilisées par certaines écoles, aboutissent à des formules aussi complexes que peu sûres.

A notre avis, il faut revenir à une conception plus simple du phénomène et étudier de près les champs en présence, d'une part, et les propriétés physiques des divers types de balais, d'autre part, sans s'hypnotiser sur des équations différentielles dont les bases sont trop



Vit. 1400 t : m; $I = 25$ ampères.

Fig. 35 *a*. — Courant inducteur à vide et en court-circuit.

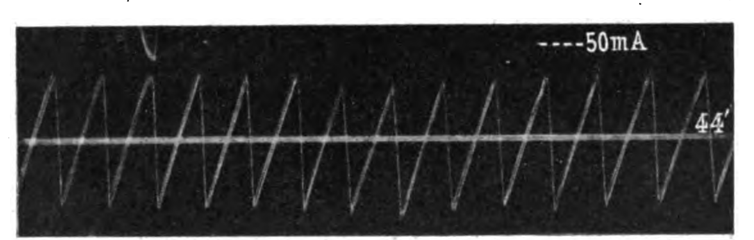
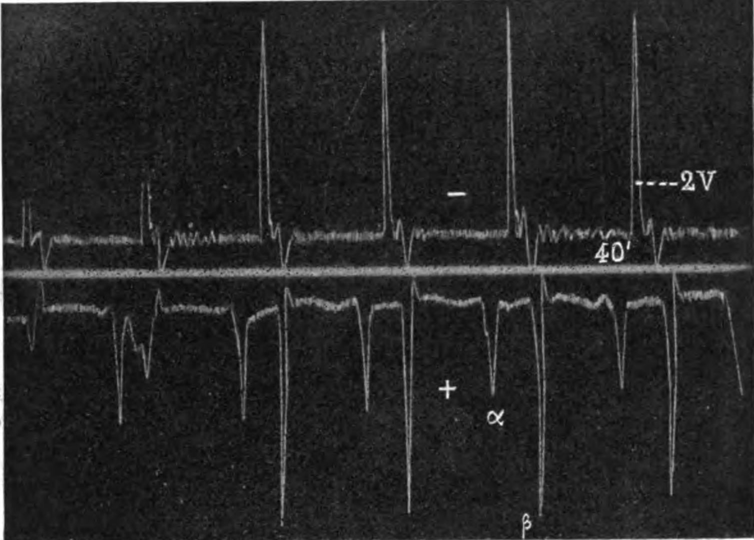
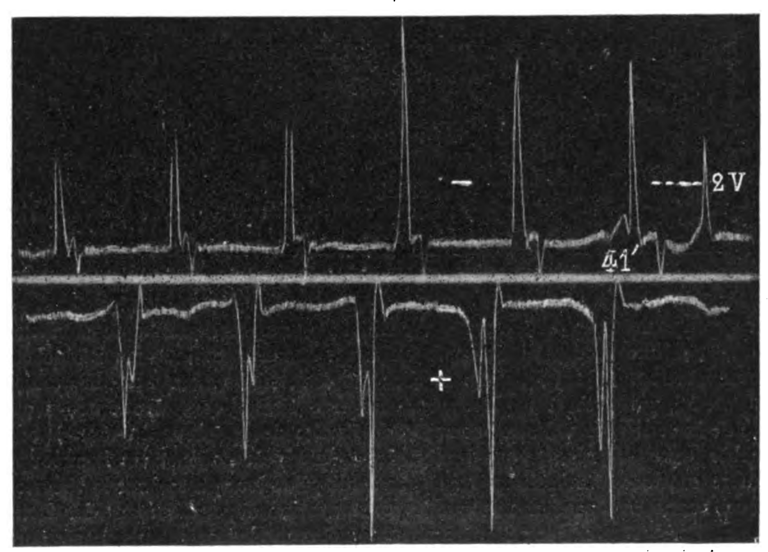


Fig. 35 *b*. — Courant dans l'inducteur en court-circuit.

loin de la réalité objective pour qu'on puisse en tirer des résultats vraiment pratiques.



Commutation plus courte sous le balai +.



Après réglage, vit. 510 t : m; $I = 16$ ampères; ex. $i = 0,12$ ampère sous 12 volts.

Fig. 36. — En court-circuit, tension entre balai et lame avant.

L'équation (1) reste cependant la représentation mathématique correcte du phénomène, sous la forme

$$\mathfrak{L}\frac{di}{dt} + Ri + \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = e,$$

mais ce sont les valeurs inexactes données aux fonctions ε qui occasionnent la discordance entre la théorie et la pratique.

Pour établir une équation correcte, il faut connaître cette fonction ε, ce qui demande une étude expérimentale des plus délicates. Les contacts sont des phénomènes si capricieux qu'on peut hésiter à recourir à des calculs complexes pour les représenter.

Nous n'avons pas assez de documents pratiques pour donner avec sécurité une représentation de la fonction ε; toutefois, si l'on admet qu'elle corresponde à une hyperbole équilatère

$$\varepsilon = \frac{\eta j}{c + j},$$

η étant la tension limite ou tension de coupure et c la densité de courant correspondant à une tension de contact moitié de la tension limite, on arrive, en posant $c\sigma = \gamma$ à l'équation différentielle

$$\mathfrak{L}\frac{di}{dt} + Ri + \eta\left(\frac{J + i}{\gamma\left(\frac{T - t}{T}\right) + J + i} - \frac{J - i}{\gamma\frac{t}{T} + J - i}\right) = e,$$

un peu plus complexe que celle de P. Girault, mais dont l'étude reste abordable.

A. MAUDUIT.

Diagramme bipolaire des alternateurs synchrones travaillant, en générateurs et en récepteurs, sur un réseau à potentiel constant, dans la théorie d'une réaction [1].

Le sujet traité par M. Blondel a pour origine un travail qui fut présenté à l'Académie en 1899 [2]. Le diagramme nouveau qu'il propose est une généralisation du diagramme qu'il a donné dans son Ouvrage *Moteurs synchrones*, de l'Encyclopédie Léauté (p. 143, *fig.* 43), dans lequel on remplacera les impédances

$$Z = \sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}$$

et l'angle de phase γ par ceux déduits de

$$Z_t = \sqrt{r^2 + \omega^2 L_t^2}$$

(avec $L_t = l_t + s$) [3] et tang $\gamma = \frac{\omega L_t}{r}$.

[1] A. BLONDEL, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 17 février 1913, p. 545-548.

[2] A. BLONDEL, *Sur les réactions d'induit des alternateurs* (*Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 586). *Voir* aussi *L'Industrie électrique*, t. VIII, 10 novembre et 10 décembre 1899, p. 481 et 529, et surtout *International Electrical Congress of Saint-Louis*, t. I, 1904, p. 635.

[3] Pour le calcul du coefficient de self-induction de la

En combinant le vecteur de la force électromotrice U avec le vecteur $Z_t I$ porté suivant AA_1 (*fig.* 1) sous l'angle $\frac{\pi}{2}$ en avance à partir du vecteur I du courant efficace, on obtiendra une force électromotrice fictive OA_1, qui serait celle de Joubert si $L_t = L$ et que, pour ce motif,

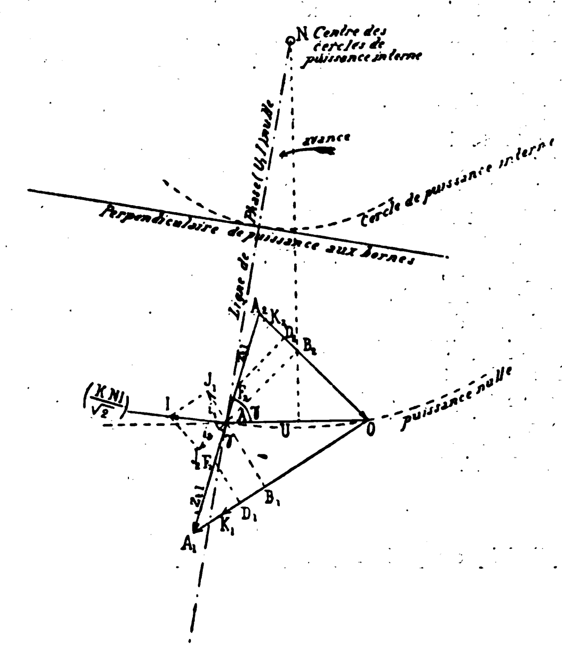


Fig. 1. — Diagramme des forces électromotrices, des courants et des puissances.

M. Blondel appelle force électromotrice joubertique de l'alternateur fonctionnant en génératrice. De même si l'on porte le vecteur $Z_t I$ sur la direction opposée AA_2, la nouvelle résultante A_2O représente la force électromotrice joubertique qu'aurait le même alternateur s'il fonctionnait en réceptrice sous cette intensité de courant.

Le diagramme ainsi obtenu jouit, aussi bien pour la génératrice que pour la réceptrice, des propriétés indiquées à la figure 26, p. 82 de l'Ouvrage précité, c'est-à-dire que la position des extrémités A_1 ou A_2 permet de mesurer : le déphasage du courant (par l'angle que forme le vecteur $Z_t I$ avec la ligne AN tracée sous l'angle γ), la puissance aux bornes (par un réseau de droites isoergs perpendiculaires à AN), et la puissance intérieure, c'est-à-dire la puissance aux bornes diminuée de la perte par effet Joule $\left(\text{par un réseau de cercles, dont on voit aisément que le centre est en N à une distance } AN = \frac{U}{2\cos\gamma}\right)$.

La force électromotrice réelle induite dans l'alternateur est formée de deux composantes : l'une axiale OB_1, l'autre transversale AB_1 (de même OB_2 et AB_2 pour la réceptrice); l'angle γ diffère assez peu, en général, de 90° pour qu'on soit en droit de porter en $AF_1\,AF_2$ sur la direction $Z_t I$ les chutes de tension par impédance de fuites seule

$$ZI = \sqrt{r^2 + \omega^2 l_f^2};$$

les forces électromotrices internes totales ont ainsi pour composantes axiales OD_1, OD_2. Cette remarque permet de déduire, au moyen des courbes caractéristiques supposées connues de l'alternateur, l'excitation nécessaire en ampères-tours pour les deux régimes représentés par les points A_1, A_2 respectivement.

Soient ON_1 (*fig.* 2) la caractéristique totale d'excitation,

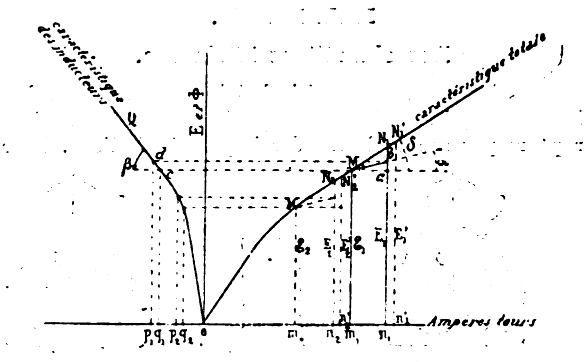


Fig. 2. — Diagramme des forces magnétomotrices.

OR la caractéristique des inducteurs seuls, P_f la perméabilité des fuites magnétiques entre les pièces polaires des inducteurs. On trace sur la figure 1 le vecteur du courant à une échelle telle qu'il représente aussi, à l'échelle des abscisses de la figure 2, les contre-ampères-tours $\frac{KNI}{\sqrt{2}}$.

Pour la génératrice, par exemple, on porte en ordonnées sur la caractéristique totale

$$M_1 m_1 = \mathcal{E}_1 = OD_1;$$

on obtient ainsi les ampères-tours Om_1 nécessaires pour produire $\mathcal{E}_1$ et il suffit d'y ajouter $m_1 n_1 = AJ_1$ de la figure 1 pour avoir Op_1. Mais il faut, comme M. Blondel l'a signalé en 1899 [1], tenir compte de l'augmentation de saturation des inducteurs par les fuites; à cet effet, tracer au point M_1 la droite M_1B faisant l'angle

$$\alpha = \text{arc tang}\, P_f,$$

puis les deux horizontales *ac*, *bd* jusqu'à la rencontre

---

réaction transversale l_t, la perméabilité du circuit magnétique de l'induit est supposée déterminée dans l'état *résultant* du champ dans l'induit, suivant les principes généraux que M. Blondel a posés autrefois pour les moteurs polyphasés. Cet état magnétique est approximativement mesuré par la force électromotrice aux bornes U augmentée vectoriellement de rI et de la chute de tension réactive ωI, produite par le coefficient de self-induction de fuites s attribuable à l'induit seul. Pratiquement l_t est peu variable avec I, et sa variation en fonction de ψ peut être considérée comme une simple correction.

---

(1) *L'Industrie électrique*, t. VIII, p. 529, 2e colonne, 10e ligne.

avec OQ; les ampères-tours $p_1 q_1$ sont à ajouter à On_1 en $n_1 n'_1$.

L'excitation totale est finalement On'_1, qui donnerait une force électromotrice à vide E'_1; celle-ci peut être représentée sur le vecteur joubertique en OK_1; mais il est préférable de reporter sur ce vecteur les ampères-tours eux-mêmes.

La détermination pour le cas de l'alternateur fonctionnant en moteur est représentée par les mêmes constructions avec l'indice 2 au lieu de l'indice 1.

Le diagramme (*fig.* 1 et 2) permet, en opérant par points, de déterminer ainsi la loi de l'excitation en fonction du décalage pour une puissance utile constante. Inversement, on peut, en supposant l'excitation constante, déduire la variation de puissance en fonction du décalage du vecteur OA_2; par exemple en effectuant, pour chaque position de OA_2, les mêmes constructions, mais en sens inverse de ce qui a été exposé ci-dessus, on trouvera par tâtonnements la position du point A_2 et la puissance s'en déduira par simple lecture sur le réseau des courbes isoergs.

FORCE MOTRICE.

Les chaudières Niclausse.

Dans les chaudières multitubulaires, ce sont les tubes inférieurs qui sont les plus exposés à la torsion ou à la rupture par accumulation des impuretés de l'eau. Pour remédier à ces inconvénients, la Maison Niclausse a apporté à son type de chaudières quelques modifications que nous signalons ci-dessous, d'après la *Revue industrielle* du 11 janvier :

Les collecteurs verticaux (*fig.* 1) sont divisés en deux parties par une cloison *a* au tiers inférieur du collecteur d'alimentation, une deuxième cloison *b* est ménagée à l'intérieur du collecteur de vapeur, dans le prolongement de la cloison séparant les collecteurs d'alimentation et de retour, et dépassant de beaucoup le niveau de l'eau. Elle atteint la naissance du dôme de vapeur et s'étend sur toute la longueur du collecteur supérieur qu'elle divise en deux parties distinctes. L'eau d'alimentation arrive dans la partie antérieure du collecteur supérieur où elle est divisée en pluie fine dans un espace *c* où elle laisse déposer, en raison de l'élévation brusque de sa température, une partie des impuretés qu'elle contient. Elle arrive ensuite comme dans les anciennes chaudières Niclausse dans le collecteur d'alimentation, mais seulement jusqu'à la cloison *a*, et de là dans la partie supérieure du système tubulaire où elle prend la température prévue pour cette partie de la chaudière, soit environ 200°. L'eau se vaporise partiellement et laisse déposer toutes ses impuretés. L'espace vide ménagé entre le système tubulaire supérieur et le système tubulaire inférieur est réservé au surchauffeur. L'eau ainsi réchauffée aux environs de 200° revient par le collecteur de retour dans le corps cylindrique supérieur (*fig.* 1) d'où elle passe par la concavité *d* ménagée dans la plaque *b* (*fig.* 2 et 4) dans le second collecteur d'alimentation (*fig.* 2) qui n'est pas muni comme le premier (*fig.* 1) d'une cloison de séparation *a*. Dans les grandes chaudières on dispose cinq collecteurs munis de cloisons *a*, comme l'indique la figure 1 pour un collecteur sans cloison comme l'indique la figure 2. L'eau arrive ainsi dans tous les tubes du groupe supérieur et du groupe inférieur (*fig.* 2), passe par e_1 dans la chambre horizontale de communication *e*, et de là par e_2 dans la partie inférieure du premier collecteur d'alimentation (*fig.* 1) et dans les tubes qui y débouchent. L'eau circule donc dans tous les tubes des séries inférieures où elle se vaporise d'autant plus facilement qu'elle pénètre dans ces tubes toujours propres à une température voisine de 200°.

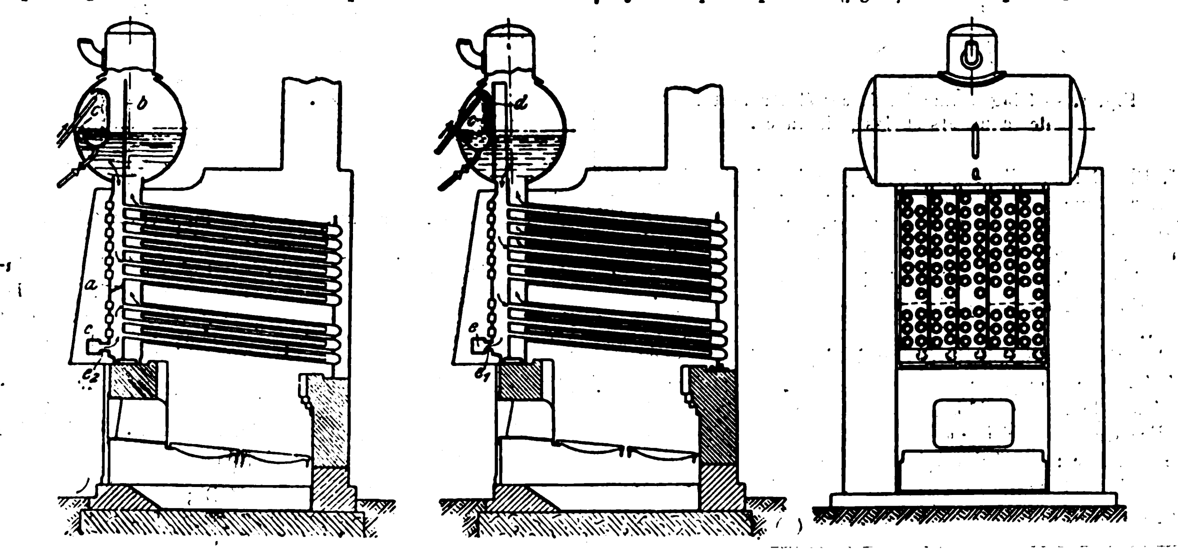


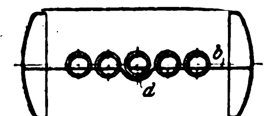
Fig. 1. — Première section du parcours de l'eau.

Fig. 2. — Coupe par le collecteur de seconde alimentation.

Fig. 3. — Vue avant de la chaudière.

La figure 3 montre une élévation antérieure d'une

chaudière à cinq éléments. La figure 1 nous montre la première partie du parcours de l'eau, comme nous venons de le décrire, c'est une coupe transversale par l'axe de



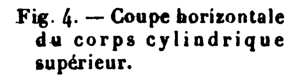


Fig. 4. — Coupe horizontale du corps cylindrique supérieur.

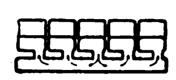


Fig. 5. — Coupe horizontale de la chambre de communication *e*.

l'un des éléments latéraux. La figure 2 est une coupe transversale par l'axe médian de la chaudière et nous montre le second parcours de l'eau. La figure 4 est une coupe horizontale par l'axe du corps cylindrique supérieur, et la figure 5 est une coupe horizontale de la chambre de communication inférieure et des cinq collecteurs d'alimentation et de retour.

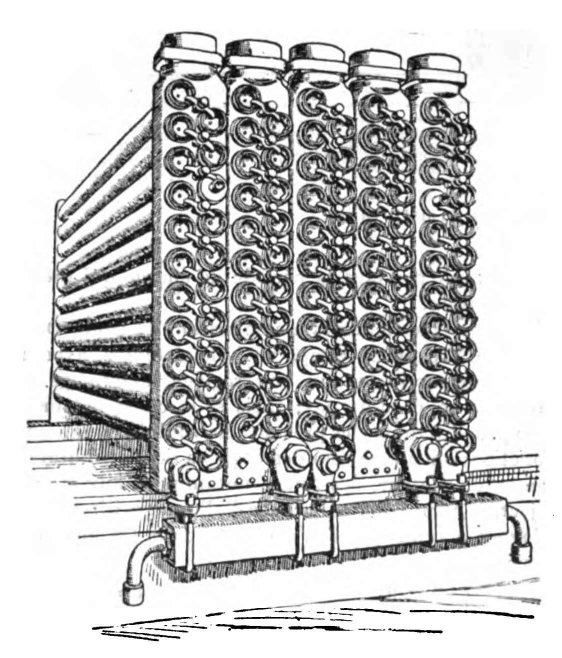


Fig. 6. — Vue du système tubulaire de la chaudière Niclausse.

Une chaudière d'essai à cinq éléments fonctionne depuis le mois de février 1910 aux ateliers de MM. J. et A. Niclausse, à Paris. A chaque visite on a pu constater que les tubes du groupe inférieur étaient toujours propres, tandis que les tubes du groupe supérieur étaient complètement recouverts d'incrustations. Mais comme les tubes supérieurs ne sont au contact que de gaz déjà refroidis, on a atteint le but proposé qui était d'éviter tout dépôt ou incrustation dangereuse dans les tubes inférieurs placés au contact immédiat du feu.

La figure 6 donne une vue perspective du système tubulaire d'une nouvelle chaudière Niclausse comprenant trois collecteurs d'alimentation cloisonnés et deux de retour sans cloison, le second et le quatrième. La chambre

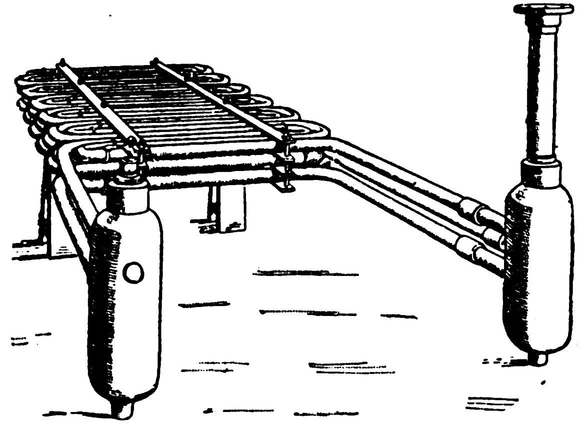


Fig. 7. — Vue du surchauffeur de la chaudière Niclausse.

horizontale de communication se compose d'une conduite de section carrée en fonte terminée de chaque côté par une conduite d'injection de vapeur pour le nettoyage.

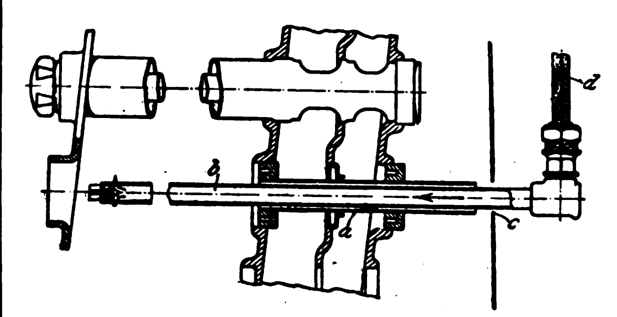


Fig. 8. — Dispositif de nettoyage des tubes.

La figure 7 montre le dernier modèle de surchauffeur Niclausse, intercalé entre les deux groupes de tubes. Le

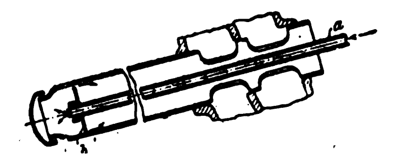


Fig. 9. — Dispositif de séchage des tubes.

surchauffeur se trouve ainsi préservé du contact immédiat de la flamme. De plus, comme il est lié à la chaudière de manière à en faire partie intégrante, il s'accommode instantanément à toutes les variations de charge de la chaudière et donne une surchauffe très régulière.

La chaudière de la figure 6 est munie d'un nouveau système de nettoyage de l'extérieur des tubes qui évite l'ouverture des portes de la devanture pour le passage de l'injecteur de vapeur servant à ce nettoyage. Pour cela, on a supprimé un certain nombre de tubes d'eau pour

les remplacer par des tubes de nettoyage : la chaudière à cinq éléments de la figure 6 porte trois de ces tubes dont on voit les extrémités sur les premier, troisième et cinquième collecteurs verticaux. Pour nettoyer le système

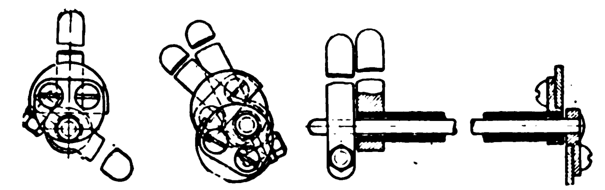


Fig. 10, 11 et 12. — Gratte-tubes.

tubulaire il suffit d'enlever le couvercle et de faire passer l'injecteur de vapeur par les tubes de nettoyage. L'injecteur peut avoir un diamètre relativement considérable, les tubes de nettoyage ayant 40^{mm} de diamètre intérieur; on a alors un fort jet de vapeur qui permet un nettoyage rapide du système tubulaire pouvant se faire pendant la marche de la chaudière. On voit sur la figure 8 : en *a*, le tube de nettoyage, en *b* l'injecteur, en *c* la porte fermée par un tampon sur la devanture de la chaudière, en *d*, le tube flexible amenant la vapeur pour l'injection.

Un nouveau dispositif est également employé pour le nettoyage intérieur des tubes. Il comprend un tube *a* fermé par une plaque métallique, terminé par une plaque métallique pleine *b* dont le diamètre extérieur est inférieur de 2 mm au diamètre intérieur des tubes et portant à l'autre extrémité une poignée avec un robinet et une arrivée de vapeur venant d'une chaudière voisine ou d'air comprimé provenant d'un compresseur On introduit cet appareil jusqu'au fond du tube, ce qui

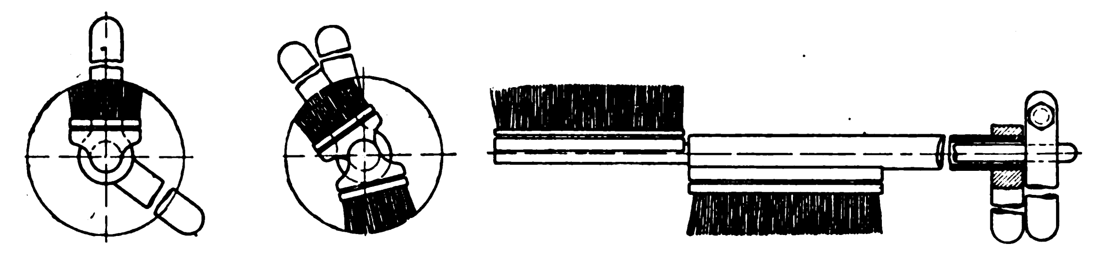


Fig. 13, 14 et 15. — Brosses métalliques de nettoyage.

chasse l'eau qu'il peut encore contenir par l'espace annulaire. On ouvre alors le robinet et le jet d'air comprimé ou de vapeur nettoie et sèche complètement l'intérieur du tube. On peut ensuite enlever facilement toutes les impuretés et incrustations de matières grasses par un gratte-tubes (*fig.* 10 à 12) et une brosse métallique (*fig.* 13 à 15).

Causes et effets des allumages prématurés dans les moteurs à explosion et à combustion [1].

Bien que les moteurs à gaz se perfectionnent tous les jours, ils présentent encore quelques défauts dont il est intéressant de rechercher les causes pour les combattre.

Parmi ces inconvénients, le plus redouté et le plus gênant est certainement l'allumage prématuré, heureusement beaucoup plus rare qu'autrefois, mais dont aucun constructeur n'oserait encore garantir la disparition absolue.

Les allumages prématurés peuvent, dans les moteurs à explosion à quatre temps, se produire aussi bien pendant l'aspiration que pendant la compression.

Dans les moteurs à deux temps, à chasse d'air, cet allumage ne peut survenir que pendant la compression. Dans les moteurs d'automobiles à deux temps, dans lesquels les gaz brûlés sont expulsés par un refoulement de gaz frais sous légère pression, l'inflammation peut aussi survenir pendant la période de charge qui précède la compression.

Enfin, dans les moteurs à combustion du genre Diesel, qu'ils soient à quatre temps ou à deux temps, avec une bonne construction et un bon réglage, l'allumage prématuré ne se produit pas; mais si le constructeur n'a pas su prendre toutes les précautions voulues pour assurer le fonctionnement normal des organes de distribution de ce genre de moteur, des fuites, notamment aux aiguilles d'injection, peuvent être la cause d'allumages intempestifs analogues à ceux que l'on constate dans les moteurs à explosion.

Lorsque, dans un moteur à quatre temps, le mélange tonnant s'enflamme pendant l'aspiration, on entend une violente détonation dans la tuyauterie d'amenée d'air au cylindre.

Ces bruits effrayent toujours le personnel dans les premiers temps où ils se produisent, mais leur apparition n'a rien de dangereux, ni pour la conservation de la machine, ni pour le conducteur. Si le moteur n'est pas fortement chargé, il pourra même n'en résulter aucun trouble, ni dans la marche ni dans la régularité.

Les causes les plus ordinaires de retour de flammes à l'admission sont un mélange trop appauvri ou trop riche, ou non homogène, dont une partie brûle si lentement que la combustion n'est pas achevée, même après l'échappement terminé.

Un allumage qui n'intéresse d'abord qu'un trop faible volume de mélange produit aussi des effets analogues.

Dans ces conditions, l'allumage prématuré s'explique

[1] L. LETOMBE, Communication faite à la séance du 7 février 1913 de la Société des Ingénieurs civils.

tout seul, puisque les gaz tonnants frais rencontrent alors en entrant dans le cylindre une flamme qui les allume.

Une conséquence de ces longs feux et des combustions incomplètes, c'est que des gaz non brûlés s'enflamment souvent dans le pot d'échappement et produisent ainsi des détonations à l'extérieur qui provoquent quelquefois des réclamations du voisinage.

Un réglage convenable, un allumage puissant ou multiple, une forme de chambre de combustion ne présentant pas de recoins, mettent à l'abri de ces inconvénients.

L'allumage prématuré pendant la compression, lui, n'est pas bruyant : il passe souvent inaperçu et il faut une oreille très exercée pour en prévoir l'apparition. Par contre, on ne tarde pas à en constater les effets, qui sont autrement graves que les allumages en plein admission.

L'examen des diagrammes relevés pendant que ces allumages intempestifs se produisent montre que la pression des gaz commence à monter au milieu de la course, en augmentant à ce moment d'une façon anormale le couple de torsion de l'arbre, pour atteindre en fin de compression des valeurs tout à fait excessives. De plus, le régime de répartition des températures des parois étant alors rompu, l'absorption brusque de chaleur crée une aire négative qui annule souvent presque complètement le travail positif.

Le moindre des inconvénients qui survient alors, c'est l'arrêt du moteur, souvent précédé d'échauffements de coussinets causés par l'expulsion de l'huile des surfaces de frottement en contact, sous l'effet de pressions exagérées.

Obligés de tenir compte de cette éventualité, les constructeurs ont renforcé les arbres des machines pour éviter les casses qui survenaient très souvent autrefois.

Ces allumages prématurés peuvent avoir les mêmes causes que les allumages à l'admission, dans le cas où les machines marchent avec des mélanges trop riches, ou contenant une trop forte proportion d'hydrogène; mais ils peuvent aussi provenir d'un refroidissement insuffisant du cylindre, d'un défaut d'isolement des distributeurs à haute tension, s'il en existe, d'un excès d'huile de graissage, de l'emploi d'une huile qui laisse des résidus charbonneux, de la présence de purgeurs mal installés, et enfin de l'encrassement des cylindres, dû à des entraînements de goudrons ou de poussières contenus dans les gaz.

Le meilleur moyen de rester à l'abri de ces allumages redoutés, c'est, en dehors des précautions déjà signalées plus haut, de ne marcher qu'avec des gaz très propres, peu hydrogénés et de composition constante, sans excès d'huile de graissage et sans vouloir pousser les machines à leur limite de puissance.

Certains constructeurs limitent leurs pressions moyennes de diagrammes à 4,5 kg : cm²; d'autres, plus audacieux, vont jusqu'à 5 kg : cm² ou 5,5 kg : cm², mais il serait imprudent de vouloir maintenir dans les cylindres des pressions moyennes de 6,5 kg : cm², telles qu'on peut les relever momentanément.

Dans les moteurs à combustion, quand, par suite d'un mauvais réglage, l'allumage prématuré se produit, les effets sont évidemment d'autant plus néfastes que la compression dans ces machines est plus élevée.

M. Letombe ajoute qu'un examen attentif permet toujours de déceler les causes des allumages prématurés.

Les causes étant trouvées, on peut alors déterminer les conditions de marche du moteur ou les modifications à apporter aux installations pour éviter le retour des troubles dus aux allumages prématurés.

En résumé, les précautions à prendre n'ont d'autre inconvénient pour l'instant que de limiter, au moins pour les moteurs à explosion, la valeur des compressions et la puissance disponible des moteurs.

Dans la discussion qui suit cette communication, M. Bochet revient sur une expérience citée par M. Letombe pour montrer la difficulté d'allumage que peuvent présenter en certaines circonstances les mélanges détonants.

Ce qui se passe avec un brûleur Bunsen diffère des phénomènes à l'intérieur d'un cylindre de moteur à gaz. La vitesse des gaz sortant d'un bec Bunsen et la masse de ces gaz contre-balancent la propagation de l'inflammation et peuvent l'équilibrer totalement.

En ce qui touche les allumages intempestifs dus aux allumeurs électriques desservis par distributeur, il serait certainement facile d'en préciser la cause en chaque cas.

Le fait que l'étincelle observée ne produit pas d'effet physiologique violent indique que l'énergie mise en jeu est faible. Le phénomène doit résulter le plus souvent d'une isolation insuffisante des distributeurs; il pourrait encore être causé par induction si, par hasard, les circuits étaient disposés favorablement.

Les allumages intempestifs présentent de sérieux inconvénients, et M. Letombe rendra grand service en aidant à les supprimer. Toutefois, ce n'est pas à la crainte de ces allumages qu'il faut attribuer la limitation de puissance des machines. L'une des causes principales de cette limitation réside dans l'altération du métal inégalement échauffé, dans le genre du moteur considéré.

Comme M. Letombe l'a signalé antérieurement, si l'équilibre de température s'établit rapidement entre la surface du métal et les gaz, l'écoulement de la chaleur dans l'épaisseur du métal est relativement lent. Il en résulte une grande différence de température entre les surfaces exposées au feu dans le cylindre et celles en contact avec l'eau réfrigérante.

Cette différence s'accentue lorsque l'utilisation spécifique de la machine augmente et provoque une fatigue de la matière entraînant des fissures.

Par leur principe même, les moteurs Diesel sont peu exposés aux allumages intempestifs et, pour des machines de ce genre bien construites et bien réglées, ce phénomène ne gêne en rien l'augmentation de la puissance. Mais il n'est pas possible d'assurer l'utilisation complète de l'oxygène de l'air comburant et, lorsqu'on pousse trop loin la puissance, la combustion se fait moins bien, ce qui se manifeste par l'apparition de fumée à l'évacuation.

Letombe répond qu'il n'a pu donner en séance toutes les explications qu'il aurait désiré, mais que son mémoire traite les différentes questions qui ont motivé les remarques de M. Bochet.

ACCUMULATEURS.

Perfectionnements aux accumulateurs électriques (¹).

L'inventeur construit un accumulateur de la manière suivante : l'électrode positive grillagée ordinaire en plomb antimonieux ou toute autre matière peu attaquable est garnie d'une pâte formée de litharge mélangée de ferro-silicium riche en silicium ou de toute autre poudre conductrice et inattaquable. Le liquide servant à former cette pâte est du sulfate de zinc en solution concentrée.

Après dessiccation, on dispose cette électrode au milieu d'une boîte en zinc mince en la soutenant par des cales en bois, ébonite ou toute autre matière isolante, de façon à l'isoler de la boîte en zinc qui constitue l'électrode négative.

On gâche ensuite avec la même solution de sulfate de zinc qui a servi à garnir l'électrode positive, un mélange de plâtre à modeler et d'oxyde de zinc, et ce mélange est coulé dans la boîte en zinc. En quelques minutes, la masse fait prise, immobilisant complètement l'électrode positive.

On procède alors à la charge de l'élément. A la positive, la litharge se transforme en peroxyde de plomb. L'acide sulfurique formé dissout l'oxyde de zinc, de sorte que la masse de plâtre devient très poreuse et par conséquent peu résistante autour de l'électrode positive. Sur l'électrode négative en zinc, le zinc de la solution vient se déposer et l'oxyde de zinc lui-même est réduit en formant une sorte d'éponge grisâtre qu'on voit envahir la masse du plâtre voisine de l'électrode négative.

La force électromotrice de l'élément est 2,5 volts et sa résistance intérieure faible. Le zinc poreux qui forme l'électrode négative offre une surface considérable. Il en est de même du peroxyde de plomb à l'électrode positive dont la masse est rendue conductrice par les grains de ferro-silicium qu'elle contient.

Une construction simple de la positive peut être obtenue en comprimant à la presse hydraulique un mélange de limaille de plomb et de ferro-silicium un peu au-dessus du point de fusion du plomb. Ce dernier métal fondu enrobe les grains de ferro-silicium qui, après formation, constitueront l'âme conductrice de l'électrode.

On peut remplacer le vase en zinc par un vase en plomb et l'oxyde de zinc par du sulfate de plomb qui se réduira en plomb spongieux au contact de la boîte en plomb. Dans ce cas, le plâtre est gâché avec de l'eau pure et sa faible solubilité (2^g par litre environ) est suffisante pour amorcer le passage du courant au début en rendant le liquide un peu conducteur. La conductibilité augmente ensuite par la formation d'acide sulfurique libre provenant de la réduction du sulfate de plomb en plomb spongieux.

De la même manière, on peut construire des batteries à haute tension en juxtaposant des cadres en bois paraffiné et des lames de plomb formant électrodes bipolaires. Dans chacune des auges formées on coule le mélange de plâtre, oxyde de zinc et sulfate de zinc. Tout le système est maintenu rigide par deux plaques de fer munies de tirants. La batterie donne autant de fois 2,5 volts qu'elle renferme d'auges. T. P.

(¹) Charles Féry, brevet français 439 360 du 25 janvier 1912.

DIVERS.

Filtres à air, système Bollinger, pour turbo-dynamos.

Ces épurateurs d'air, basés sur un nouveau principe, se recommandent tout d'abord par leur faible encombrement, leur prix de revient modique, leur adaptation facile aux conditions locales et la commodité du nettoyage après 3 à 6 semaines de fonctionnement. D'après l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 30 janvier, p. 124-125, ils sont constitués par des caisses de $1 \times 1,25 \times 0,45$ en fers cornières et tôles pleines, sauf les faces avant et arrière qui sont fermées par des grillages en fils métalliques parallèles pour permettre l'entrée et la sortie de l'air. Dans ces caisses on dispose soit horizontalement, soit verticalement les filtres proprement dits; ce sont des cadres en fer sur lesquels sont tendus parallèlement des cordonnets de coton, mous et filandreux; on range un certain nombre de ces cadres, les uns derrière les autres, mais de façon que les pleins de l'un recouvrent les vides du suivant. Le processus de la filtration serait alors le suivant : les grains de poussière les plus gros viennent frapper directement les cordonnets et y restent accrochés; les plus fins sont arrêtés et reste emprisonnés dans le réseau serré d'effilochures qui se recouvrent d'un cordonnet à l'autre. Étant donné le grand nombre de ceux-ci, l'inventeur prétend arriver à une épuration parfaite. On peut constituer d'ailleurs des groupes plus puissants par la combinaison de caisses ou chambre de filtration élémentaires. Les dépôts de poussière ne sont jamais assez denses pour empêcher le passage de l'air; ce qu'il y aurait le plus à redouter ce serait une épuration insuffisante. En disposant dans l'appareil un indicateur de pression, on est renseigné sur son état de propreté; le nettoyage se fait toutes les 3 à 6 semaines par le vide et l'opération est réalisée sans arrêter la dynamo pourvu que l'on dispose de cadres de rechange. Les dimensions d'un filtre en toile, épurant 48000 m³ d'air à l'heure, seraient

$$3,86 \times 3,86 \times 2 = 29,84 \text{ m}^3;$$

un filtre Bollinger, de même puissance, n'exige que

$$4 \times 3 \times 0,45 = 6 \text{ m}^3.$$

La chute de pression derrière le filtre est de 5 à 10 mm d'eau; elle dépend de l'espace dont on dispose, et aussi du degré de propreté de l'appareil. Dans tous les cas la surpression en avant est toujours suffisante pour communiquer à l'air une vitesse qui assure le collage des poussières contre les cordonnets. Rien n'empêche de remplacer le bois par le fer; on peut aussi installer les cadres filtreurs dans un puits d'aération maçonné; mais ces dispositions sont moins recommandables.



TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

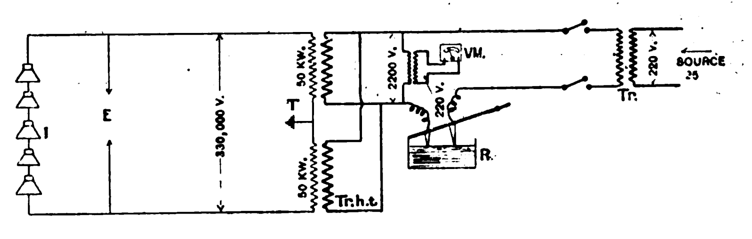
ISOLATEURS.

Essais comparatifs sur isolateurs à suspension pour haute tension (¹).

Les essais relatés ici ont été faits en vue du choix d'un isolateur convenable pour une ligne de transmission fonctionnant à 110 000 volts. Ils ont porté sur des isolateurs à suspension de types et de provenances divers, les conditions d'essai restant rigoureusement les mêmes pour tous.

Le matériel d'essai comprenait une grande plateforme au-dessus de laquelle était placé un tuyau à gaz reposant à chaque extrémité sur des isolateurs pour 60000 volts, du type rigide ordinaire. Les isolateurs, suspendus à ce tuyau par de petites roulettes, étaient essayés un à un, au milieu de l'intervalle compris entre les deux isolateurs d'extrémité.

Le matériel électrique comprenait deux transformateurs de 50 kilowatts, 2200-150 000 volts, mis en série, et alimentés par un transformateur de 25 kilowatts, 220-2200 volts. La tension maxima qu'on pouvait obtenir ainsi était un peu supérieure à 330000 volts, les deux transformateurs étant en série et le point neutre mis au sol, et de 225 000 volts avec un seul transformateur, sans mise au sol. On réglait la tension au moyen d'un rhéostat liquide placé dans le circuit à basse tension du transformateur à haute tension. Les indications étaient données par un voltmètre à courant alternatif étalonné d'abord d'après un éclateur selon le formulaire de l'A. I. E. E. Ce voltmètre était branché sur l'enroulement à gros fil d'un transformateur de 1 kilowatt, 2200-110 volts, relié lui-même au gros fil du transformateur à haute tension (*fig.* 1).



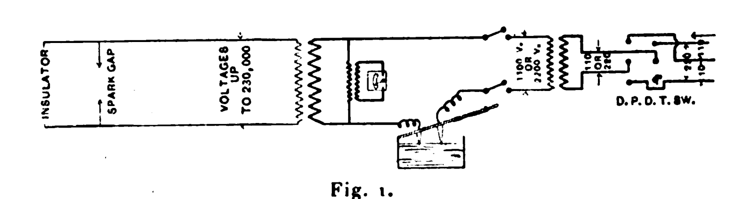


Fig. 1.

I, isolateur essayé; E, éclateur; T, terre; Tr. h. t., transformateurs à haute tension; VM, voltmètre; R, rhéostat liquide; Tr., transformateur de 50 kw.

Tous les essais se faisaient la nuit dans l'obscurité complète. On prenait des photographies de chaque isolateur pendant les divers essais. Une horloge, photographiée en même temps, indiquait l'heure, qui servait de moyen d'identification. On adopta l'ordre suivant :

1° Essai à sec;
2° Essai sous la pluie;
3° Essai en parallèle, à sec et sous la pluie;
4° Essai à la perforation, dans l'huile;
5° Essai de résistance mécanique.

Essai à sec. — Il comprenait :

a. Un essai d'amorçage d'arcs sur chaque élément d'isolateur, pour éliminer les éléments défectueux ou percés;

b. Un essai de tension sur chaque isolateur complet.

On élevait la tension par échelons et l'on prenait des photographies de chaque phase de l'essai. On notait la tension appliquée et la durée d'application.

Essai sous la pluie. — Il consistait à projeter de l'eau en pluie sous une inclinaison de 45°, la hauteur d'eau précipitée par minute variant de 6,35 mm à 8,39 mm pour atteindre à la fin 13,46 mm. Chaque isolateur était donc soumis à trois séries d'essais, dans lesquelles la tension et la quantité d'eau précipitée étaient les variables. On prenait des photographies de ces essais comme pour les précédents.

Dans la plupart des cas, ces mêmes isolateurs à suspension furent disposés horizontalement et soumis ainsi à des essais de pluie, de façon qu'on pût se rendre compte de leur valeur comme isolateurs travaillant à la traction horizontale.

Essais en parallèle. — On fit une très intéressante série d'essais avec tous les isolateurs reliés en parallèle de façon à juger simultanément de la façon dont ils se comportaient sous différentes tensions. Les isolateurs, formés d'un nombre proportionnellement réduit d'éléments étaient suspendus au tube à gaz, équidistants les uns des autres, leurs extrémités inférieures reliées par une barre commune. On appliquait la tension et on l'élevait graduellement comme dans les essais précédents. Dès qu'un isolateur donnait signe de faiblesse, on prenait une photographie de l'ensemble, on débranchait cet isolateur et l'on continuait avec les autres. On fit de même en soumettant les isolateurs à la pluie.

Essai de perforation. — Dans les conditions ordinaires,

(¹) P.-W. SOTHMAN, Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 13 décembre 1912 (*Proceedings of the A. I. E. E.*, t. XXXI, décembre 1912, p. 2205-2230).

il est presque impossible de percer un isolateur dans l'air, puisque dans un isolateur bien proportionné un arc superficiel s'amorcera bien avant qu'une étincelle ne perce la porcelaine. Pour obtenir les valeurs de la tension de perforation, il faut immerger l'isolateur dans l'huile et prendre un certain nombre de précautions telles que la protection des électrodes, etc.

Essais de résistance mécanique. — On employait pour ces essais un châssis dans lequel l'isolateur était assujetti au moyen de chaînons et de câbles d'acier; on opérait la traction au moyen d'une vis agissant sur un levier. Un dynamomètre indiquait l'effort maximum exercé par la vis, et cet effort multiplié par 3, rapport des bras de levier, donnait la traction réelle sur le crochet de l'isolateur.

Après avoir terminé tous ces essais, et avant d'avoir choisi l'isolateur le mieux approprié aux exigences spécifiées, on réserva une semaine pour renouveler tous les essais en présence des fabricants et de leurs ingénieurs, qui eurent ainsi l'occasion de faire leurs observations.

Résultats des essais. — Il aurait été peut-être important de mesurer les watts dissipés dans chaque modèle d'isolateur en faisant varier les conditions. Mais la difficulté de mesurer la puissance dans les conditions imposées par ces essais et à des tensions si élevées parut hors de proportion avec l'exactitude qu'on pouvait attendre des résultats. On se décida donc à une comparaison qualitative plutôt que quantitative. Si l'on admet, ce qui ne doit pas être loin de l'exactitude, que la puissance perdue dans un isolateur se manifeste principalement par des phénomènes lumineux, dont l'intensité est proportionnelle à cette puissance, la comparaison directe de ces phénomènes lumineux avec la tension nécessaire pour les produire doit être un bon moyen de juger la valeur relative de deux isolateurs au point de vue de l'isolement, toutes les autres conditions restant les mêmes. En prenant en considération les diverses causes qui contribuent au claquage d'un isolateur sous tension, on a pu classer les isolateurs d'après certains mérites et démérites bien définis,

Dans ces résultats d'essais, les différents modèles d'isolateurs sont désignés par les lettres A, B, C, D, E, F;

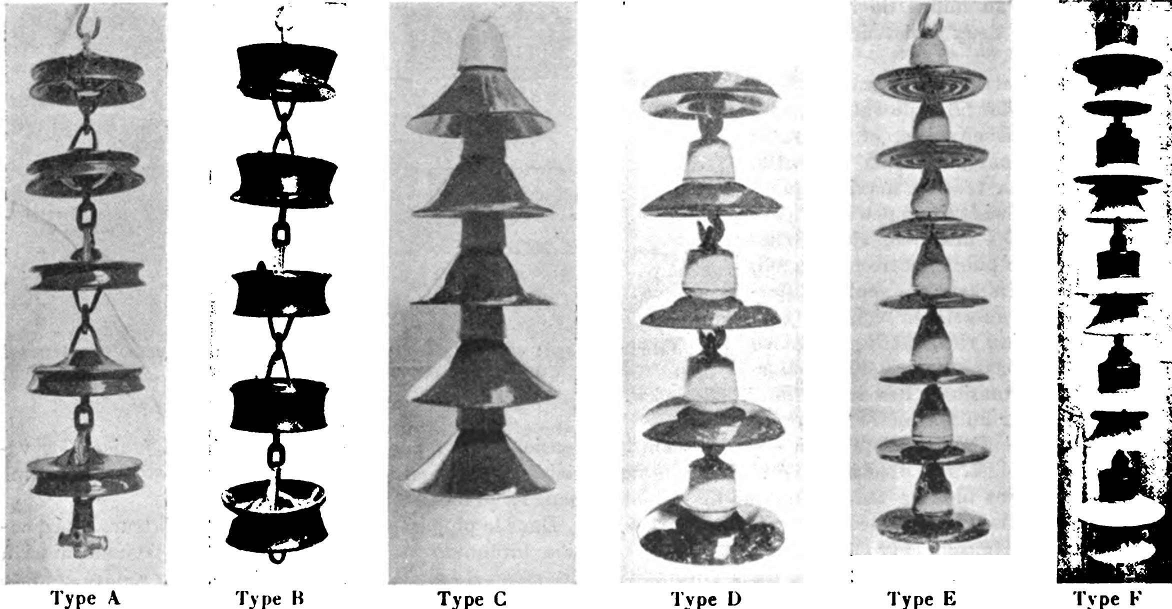


Fig. 2. — Isolateurs à suspension soumis à l'essai.

ils sont représentés par la figure 2. Dans l'essai à sec, tous les isolateurs, sauf les modèles A et B, supportèrent de façon plus ou moins satisfaisante une tension égale à trois fois la tension normale de la ligne. La Table ci-dessous donne un abrégé des résultats :

Type.	Nombre d'éléments.	Les effluves deviennent visibles à	Forte décharge statique mais pas d'arc.
		kv	kv
A...	5	150	330
C...	5	250	330 au sommet
D...	5	250 sur le crochet	330 à la pointe du crochet
E...	7	200 sur la goupille	Pas excessive à 330 kv
F...	5	250 Id.	Id.

Les essais sous la pluie, qui sont les plus significatifs, donnèrent les résultats suivants pour une précipitation de 12,7 mm d'eau par minute :

Type.	Nombre d'éléments.	Les effluves deviennent visibles à	Le claquage se produit à
		kv	kv
A.....	5	150	160
C.....	5	225	265
D.....	5	250	280
E.....	7	225	260
E.....	8	250	300-310
F.....	5	250	300

La première décharge visible se produit invariablement



autour de l'élément le plus haut, sous forme d'effluves rayonnés plus ou moins obliquement par le bord de la cloche supérieure. La rupture de l'isolateur paraît se faire graduellement à mesure que la tension monte. Cela se voit surtout sur le modèle A, à un moindre degré sur les autres : ces derniers, autrement dit, paraissent résister assez bien jusqu'à ce qu'une tension critique soit atteinte. Au-dessus de cette tension, l'isolateur succombe rapidement pour un accroissement relativement faible de la tension.

Le caractère de la rupture est différent pour chaque modèle d'isolateur. La rupture du modèle A est due à des fuites excessives; l'isolateur entier semble devenir conducteur. La rupture des autres modèles a plutôt le caractère d'un arc éclatant d'un élément à l'autre au moment où la tension est assez élevée pour traverser l'air humide et conducteur qui entoure les éléments. Cette tension de rupture pouvait être déterminée avec une assez grande exactitude.

Dans ces observations, un point est particulièrement digne de remarque : presque dans chaque cas, la décharge fut amorcée par un angle aigu ou une pointe des parties métalliques qui assemblent les éléments entre eux. Dans les modèles autres que A, B, et D, le champ statique entourant les éléments d'isolateurs était uniformément distribué, toutes les parties situées dans ce champ étant presque symétriquement disposées. Il faut dire *presque*, car des saillies même faibles, comme celle d'une goupille dans le boulon qui sert à assembler entre eux deux éléments, suffisent à produire la rupture diélectrique de l'air après qu'une certaine tension est atteinte. Ce phénomène est très remarquable dans le cas du modèle D, où l'assemblage des éléments se fait au moyen de deux crochets si gros qu'ils produisent une distorsion excessive du champ; c'est à la pointe du crochet que le champ est le plus intense, comme on le voit en élevant la tension au-dessus du point critique. D'ailleurs, si l'on recouvre le crochet d'un écran métallique cylindrique, l'isolateur peut supporter une tension plus forte, quoique la distance d'éclatement soit ainsi diminuée. Dans le cas du modèle A, la distorsion du champ est aussi remarquable; le maillon qui sert d'assemblage aux éléments paraît excellent au point de vue mécanique, mais il fait supporter à l'air, entre les disques, des efforts très défavorables. Il en est de même pour le modèle B. Dans les autres modèles, où l'on emploie un chapeau métallique et une tige, les efforts de rupture diélectrique sur la porcelaine sont maximum près de la tige, et vont en décroissant uniformément jusqu'au chapeau. Le diamètre de la tige et la tension qu'on fait supporter à l'isolateur sont les facteurs déterminants de l'effort maximum que subit la porcelaine à l'intérieur du chapeau. C'est pour cette raison qu'un isolateur en deux pièces ne paraît pas avantageux. Il semble qu'avec deux épaisseurs de porcelaine on ait une plus grande marge de sécurité; mais en pratique, on ne peut pas utiliser complètement les avantages de ce principe, car on ne peut accroître les dimensions de la tige sans accroître de même celles du chapeau, ce qui rend un isolateur de ce genre trop volumineux et peu pratique.

De ces considérations, on a conclu qu'il fallait faire les parties métalliques des isolateurs aussi symétriques que possible et leur donner une surface unie, sans aucune partie saillante.

Les résultats des essais amenèrent à classer les différents modèles d'isolateurs dans l'ordre suivant :

1. *Modèle F.* — Ce modèle remplit les conditions électriques, mais non les conditions mécaniques. Une modification facile de sa construction permettrait de le rendre satisfaisant au point de vue mécanique. La façon et la matière de cet isolateur sont de premier ordre.

2. *Modèle E.* — Avec huit éléments, ce modèle remplit les conditions électriques, mais non les conditions mécaniques. Toutefois, un changement insignifiant dans la construction devrait suffire à le rendre satisfaisant au point de vue mécanique. Un léger accroissement de diamètre l'améliorerait au point de vue électrique. Cet isolateur est robuste, léger et compact. Le système d'assemblage des éléments devrait être modifié de façon à donner une surface unie et symétrique et à éviter ainsi les décharges prématurées.

3. *Modèle D.* — Ce modèle satisfait aux conditions électriques et mécaniques. Mais son dessin est très défectueux. Le diamètre est trop grand, le poids et l'encombrement trop élevés. Le crochet n'est pas cimenté solidement. L'assemblage par crochets est d'ailleurs à rejeter comme causant la distorsion du champ et les décharges prématurées. L'isolateur étant en deux parties, les efforts électrostatiques sur les deux cloches sont inégaux.

4. *Modèle C.* — Ce modèle remplit les conditions mécaniques, mais non les conditions électriques. Il est beaucoup trop fragile et la manutention ordinaire le brise facilement. Les éléments sont trop rapprochés les uns des autres. L'isolateur étant en deux parties, les efforts électrostatiques sur les deux cloches sont inégaux.

5. *Modèle A.* — Ce modèle remplit les conditions mécaniques, mais non les conditions électriques.

Le modèle F étant de fabrication européenne, son choix aurait entraîné diverses difficultés, particulièrement au sujet de la livraison. Le modèle E, considéré comme le meilleur après lui, fut choisi. Le diamètre de cet isolateur qui était de 25,4 cm, fut porté à 28 cm, et l'on adopta l'assemblage à rotule entre les éléments (en vue de l'uniformisation du champ statique).

En revoyant ce travail, qui remonte à plusieurs années, et en tenant compte de l'expérience acquise depuis lors, on doit reconnaître que le problème de l'isolation des lignes à haute tension est encore loin d'être résolu. Au point de vue des essais, on peut présenter les points suivants comme méritant d'être l'objet de nouvelles recherches.

Quel essai doit-on spécifier pour les isolateurs destinés à travailler sous une certaine tension ?

Dans le cas actuel, on spécifia un essai à sec sous une tension triple de la tension en ligne. Mais l'expérience montre que, même si un isolateur résiste à cet essai, son fonctionnement sous les conditions réelles d'exploitation ne peut être garanti. On sait qu'un isolateur n'est jamais endommagé par les forces statiques constantes, mais par les mouvements brusques et passagers que suscitent dans les réseaux les perturbations externes ou internes. Pour se mettre à l'abri des dommages causés par ces phéno-

mènes, il sera nécessaire d'imposer des essais d'un genre tout différent.

Façon de supporter l'isolateur pendant l'essai. Le support de l'isolateur doit-il être relié à la terre et la tension appliquée à la gorge, ou faut-il appliquer la tension entre la gorge et le support, isolés du sol tous les deux?

La présence de corps de grandes dimensions, mis au sol ou isolés, près de l'isolateur, affecte sensiblement la distribution du champ statique autour de lui, surtout quand on fait les essais en mettant à la terre un des pôles de la tension. Pour la façon de supporter l'isolateur et l'application de l'essai, le mieux est de se rapprocher le plus possible des conditions auxquelles l'isolateur est soumis dans l'exploitation.

Puissance du transformateur et de l'alternateur d'essais. Mode de régulation de la tension. Détermination de la tension exacte à tout instant de l'essai.

La puissance en kilowatts du matériel d'essais ne sera jamais trop grande, car la perforation d'un isolateur faible peut rester toujours cachée faute d'une puissance suffisante alimentant le transformateur.

La régulation de la tension doit être effectuée par des moyens qui ne déforment pas la courbe du courant fourni par l'isolateur, et cette courbe doit être une sinusoïde pure.

Pour la détermination de la tension, on se sert le plus souvent d'un éclateur bien étalonné; on emploie aussi un voltmètre ordinaire avec un transformateur abaissant la tension et, finalement, quelquefois un voltmètre statique. Cette dernière méthode est la meilleure.

Fréquence; déformation admissible de l'onde; effet des harmoniques.

L'influence de la fréquence sur les résultats est rarement appréciée à sa valeur. L'intensité du courant de capacité croît en raison directe de la fréquence, et l'effet de ce courant suit naturellement une loi analogue. Un même isolateur donnera des résultats différents selon qu'il sera essayé à la fréquence 60 ou à la fréquence 25. Si l'onde de l'alternateur employé n'est pas une sinusoïde pure, l'influence des harmoniques troublera beaucoup les résultats.

Que doit-on spécifier pour l'essai en présence de l'eau? Pluie artificielle, rosée, projection d'eau salée, etc.? Quantité d'eau précipitée par minute? Mode de précipitation et moyen de l'appliquer? Angle sous lequel la pluie doit tomber?

On emploie différents procédés pour reproduire les conditions de l'humidité atmosphérique : on peut avoir recours à une pluie plus ou moins abondante, depuis la forte averse jusqu'au brouillard, ou encore on peut renfermer les isolateurs dans une chambre étanche où l'on fait arriver de la vapeur jusqu'à ce qu'ils en soient enveloppés et recouverts d'une pellicule d'eau. Chacun de ces essais donnera des résultats différents. Le meilleur à employer est celui qu'on peut reproduire identique à lui-même à tout moment. Dans le cas actuel, les spécifications indiquaient 250 kilovolts sous une pluie de 12,7 mm par minute tombant verticalement, ou 220 kilovolts sous une pluie de même abondance inclinée à 45°. De tels essais sont faciles à reproduire identiquement.

Sur quel signe doit-on se baser pour juger favorablement ou non l'isolateur essayé?

La méthode adoptée dans les essais décrits ici (appréciation des phénomènes de luminosité dans l'obscurité complète) a l'inconvénient d'être purement subjective. L'aide même de la photographie n'écarte pas l'élément d'appréciation personnelle. On a adopté ce système faute de mieux et parce qu'il a l'avantage de la simplicité. D'autres pourraient être imaginés. Il est hors de doute que la mesure des watts dissipés donnerait des résultats indépendants de tout élément subjectif, si l'on possédait pour cela une méthode sûre.

Isolateurs en deux pièces. — Les isolateurs faits de deux parties cimentées ensemble ont donné lieu en Allemagne à des difficultés considérables. Dans ce pays, on emploie comme ciment soit le plâtre de Paris préparé d'une manière spéciale, soit la litharge et la glycérine ou encore d'autres préparations tenues secrètes. On a constaté qu'après un certain temps les porcelaines se fêlaient ce qu'on a attribué au travail du ciment employé. C'est pourquoi on a abandonné ce modèle pour en venir à l'isolateur d'une seule pièce.

Les isolateurs qui furent choisis à la suite de ces essais ont donné toute satisfaction pendant une période d'exploitation de 2 ans. Il y a eu cependant quelques claquages caractéristiques. Dans la plupart des cas, le claquage final de ces isolateurs fut dû à la perforation, mais il semble bien qu'auparavant il y eut fêlure de la porcelaine sans cause apparente. En général, quand la perforation a lieu, elle affecte tous les éléments d'isolateurs, et l'on observe en même temps que l'étincelle perce le chapeau de l'isolateur en face de la perforation dans la porcelaine et fond le métal qui entoure le trou. La dimension du trou du chapeau dépend surtout du temps que mettent à déclencher les disjoncteurs de l'usine génératrice.

La cause originelle de ces claquages est assez difficile à déterminer. Elle peut être due à des fêlures dans un ou deux des éléments, qui abaissent beaucoup la rigidité diélectrique de l'isolateur. Si alors des surtensions s'établissent sur la ligne pendant un orage ou une manœuvre d'interrupteur, l'isolateur affaibli se perfore. En raison de la grande puissance que transmet le réseau, cette décharge locale dans l'isolateur donne lieu parfois à des oscillations violentes qui peuvent affecter l'isolateur adjacent et les perforer rapidement l'un après l'autre [1].

P. L.

[1] L'usine génératrice pour laquelle ces essais ont été entrepris est celle de l'État d'Ontario, qui transmet son énergie à 110 000 volts. Une description détaillée de cette installation a été donnée dans *La Revue électrique* du 26 janvier 1912, p. 56 à 66. On y reverra en particulier comment l'auteur, en collaboration avec M. Teichmuller, a solutionné la question des isolateurs, d'après les expériences ci-dessus.



APPLICATIONS MÉCANIQUES.

MOTEURS.

La régulation des petits moteurs électriques [1].

La vitesse des petits moteurs série utilisés dans les laboratoires pour la commande de différents appareils doit pouvoir varier dans d'assez larges limites et le mode de régulation le plus communément employé consiste à mettre en série, avec le moteur, une résistance R élevée. On constate alors que, sous faible charge, on n'arrive pas à diminuer la vitesse même en insérant une résistance considérable; si celle-ci devient par trop grande, le fonctionnement est instable et le moteur se cale. L'auteur a obtenu d'excellents résultats en connectant l'extrémité libre du rhéostat à l'autre borne de l'induit ou autrement dit au point de jonction de l'induit et de l'enroulement de champ, comme le montre la figure 1. Avec ce dispositif on élimine tous les inconvénients si-

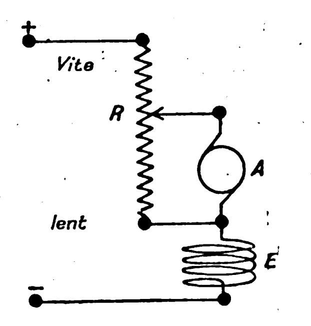


Fig. 1. — Montage d'un rhéostat aux bornes d'un petit moteur série pour le réglage de sa vitesse.

gnalés ci-dessus et le nombre de tours varie alors à peu près proportionnellement à la partie de la résistance en parallèle avec l'induit; si l'on ne recherche pas une précision supérieure à quelques pour-cent, on peut même étalonner directement la résistance en nombre de tours. On arrive ainsi à régler dans les limites de 1 à 20. Comme on le voit, il n'y a pas d'autre transformation à faire subir au rhéostat que l'adjonction d'une troisième borne et, pour le moteur, on soude un fil supplémentaire au point de raccordement des enroulements du champ et de l'induit. Les petits moteurs shunt sont moins employés; ils se prêtent cependant, en principe, au même réglage et le rhéostat est disposé suivant le schéma de la figure 2.

La grandeur de la résistance se détermine par ce fait qu'elle doit laisser passer le courant maximum sous la tension normale du réseau.

Pour un moteur de $\frac{1}{6}$ cheval spécifié par les constantes : 220 volts, 0,8 ampère, 6,6 ohms pour la résistance de l'induit et 15 ohms pour la résistance de l'excitation, on aura : $R = 220 : 0,8 = 275$ ohms approximativement, en négligeant la résistance de l'enroulement de champ qui est sensiblement compensée, aux hautes vitesses, par la dérivation formée par le rotor. Enfin, pour que le moteur développe encore un couple puissant même aux grandes vitesses, il suffit de donner au rhéostat un nombre d'ohms un peu supérieur. Le démarrage s'opère en plaçant le curseur du rhéostat dans la position qui correspond au 0 de la dérivation; le courant et l'échauffement sont alors minima et sans danger pour le moteur qui reste au repos; mais en faisant glisser progressivement le curseur, le moteur se met à tourner d'abord lentement, puis de plus en plus vite et l'on manœuvre le curseur jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la vitesse désirée.

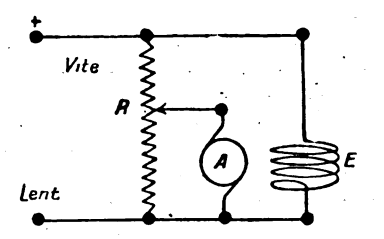


Fig. 2. — Montage d'un rhéostat aux bornes d'un petit moteur shunt pour le réglage de sa vitesse.

L'auteur donne de ces particularités l'interprétation suivante : la grande vitesse du moteur série à vide est due à l'affaiblissement du champ, résultant d'une diminution du courant; celui-ci décroît encore davantage, si l'on insère une résistance relativement considérable dans le circuit. Le ralentissement ne s'accomplit donc qu'au détriment du couple moteur qui s'affaiblit. Dès lors, si peu que la charge extérieure vienne à augmenter, les tours diminuent très vite, puisque le courant est incapable de soutenir le couple. Il suffit, dans ces conditions, du moindre frottement pour caler le moteur. Au contraire, d'après le montage de la figure 1, l'excitation reçoit d'une façon permanente au moins le courant qui traverse l'enroulement de champ et la résistance R connectés en série. Les variations dans la charge et dans la position du curseur ne peuvent avoir d'autre effet que de renforcer le courant, puisqu'il est couplé en parallèle avec une partie de la résistance R. Le nombre de tours dépend essentiellement de facteurs purement électriques, comme la tension aux bornes de l'induit; s'il vient à diminuer, le courant d'induit croît beaucoup et avec lui le couple moteur. Quand le rotor est arrêté, presque tout le courant traverse l'excitation, l'induit et la partie de R non en parallèle avec ce dernier, car sa résistance est faible par rapport à R. Dans ce cas le couple moteur devient très fort.

[1] H. BARKHAUSEN, *Physikalische Zeitschrift*, t. XIII, 15 novembre 1912, p. 1131-1133.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

TÉLÉPHONIE.

La téléphonie automatique en Allemagne.

Au cours d'une mission en Allemagne, M. Drouet ingénieur des Postes et Télégraphes, a étudié le fonctionnement des installations téléphoniques de ce pays; il a rendu compte de ses observations dans un rapport daté de juillet 1912, et qui vient d'être publié [1]. Ce rapport comprend deux parties consacrées, l'une aux installations de téléphonie automatiques et semi-automatiques, l'autre au service téléphonique manuel. De la première partie, nous extrayons les renseignements qui suivent :

I. Réseau automatique de Hildesheim. — Ce réseau, le premier qui fut installé en Europe, date de 1908. Il comporte un seul bureau qui fut équipé au début pour 1100 places d'abonnés suivant l'ancien système Strowger à batterie locale. Les lignes ne comportaient pas de présélecteurs, mais un premier sélecteur était affecté à chacune d'elles. L'installation était faite pour quatre chiffres, donc extensible à 10 000.

L'équipement a été porté récemment à 1400 lignes et les 300 nouvellement installées ont été munies de présélecteurs suivant le procédé adopté maintenant d'une façon générale et qui permet de réaliser une économie de 90 pour 100 sur le nombre des premiers sélecteurs. En juillet le nombre des places occupées était de 1200.

Les lignes d'abonnement à conversation taxée sont munies de compteurs fonctionnant automatiquement quand la communication est établie, sauf dans le cas où l'abonné demandé n'est pas libre.

Les postes d'abonnés sont munis de l'ancien disque de l'Automatic Electric Company et comportent un bouton d'appel. Une prise de terre est nécessaire au fonctionnement de l'appareil.

Principe du système. — Le principe de l'établissement d'une communication est le suivant. Chacun des deux fils de la ligne est relié à travers l'enroulement d'un électro-aimant à l'un des pôles de la batterie du bureau (56 volts) dont l'autre pôle est à la terre. Chaque manœuvre du disque met l'un des fils L_1 à la terre un nombre de fois correspondant au chiffre transmis, ce qui a pour effet d'actionner l'électro-aimant effectuant la sélection au bureau. Puis le fil L_2 est relié pendant un court instant à la terre, ce qui actionne au bureau l'électro-aimant aiguilleur préparant les circuits destinés à recevoir les impulsions correspondant au chiffre suivant. Après l'envoi du dernier chiffre, l'abonné demandeur, s'il n'a pas reçu le signal d'occupation, appelle lui-même son correspondant avec le bouton de son poste.

Déconnexion. — Quand la conversation est terminée le raccrochage de l'appareil du poste de l'abonné appelant a pour effet de relier à la terre pendant un court instant les deux fils de sa ligne, ce qui provoque, au bureau central, le fonctionnement des électro-aimants de déconnexion et ramène tous les organes au repos.

La rupture de la communication est effectuée *par l'abonné appelant seul*, son correspondant pouvant raccrocher à volonté l'appareil sans provoquer aucun trouble sur la communication. Toutefois, pour éviter que la ligne de ce dernier soit immobilisée par suite d'une fausse manœuvre de l'appelant, il lui suffit d'actionner le disque de son appareil pour pouvoir provoquer, lui aussi, la déconnexion (par la mise à la terre momentanée du fil L_2). Cette disposition est appelée *système à déconnexion forcée.* Elle est adoptée dans toutes les installations automatiques du Reichspostamt, car elle permet d'éviter de nombreux troubles dans l'exploitation.

Types des postes d'abonnés; postes supplémentaires et tableaux. — Les appareils ordinaires d'abonnés comprennent seulement deux types : 1° un type mural avec microphone articulé et sonnerie dans l'appareil même; 2° un type mobile à combiné (commutateur à pompe) avec boîte séparée contenant la pile microphonique et la sonnerie.

Dans les installations comportant des postes supplémentaires, chacun des postes est muni d'un disque et le poste principal comporte un dispositif lui permettant d'appeler les autres postes à l'aide d'un courant alternatif produit par un dispositif appelé *changeur de pôles* et constitué par une petite bobine d'induction, une batterie de piles sèches (12 volts), et un vibrateur. Le nombre maximum des postes supplémentaires autorisés chez un abonné est égal à cinq fois le nombre des lignes principales qu'il possède; cette règle permet d'avoir un très petit nombre de types de tableaux.

Interurbain. — Pour demander une communication interurbaine l'abonné manœuvre une seule fois le disque de son appareil à partir du chiffre 1. Il est alors mis en relation avec une ligne d'appel libre aboutissant au bureau interurbain sur un jack placé devant une annotatrice qui enregistre la demande.

Cette opératrice a à sa disposition un bouton spécial de déconnexion sur lequel elle agit dans le cas où l'abonné néglige de raccrocher son appareil après avoir formulé sa demande. Le moment venu d'établir la communication, la téléphoniste desservant le circuit demandé rappelle le demandeur en s'adressant à un groupe intermédiaire manuel qui établit la jonction à l'aide d'un monocorde.

Les lignes des abonnés automatiques sont multiplées sur des jacks sans rupture placés sur les groupes intermédiaires et sur chacun des monocordes est placée une clé à deux positions qui permet à l'opératrice intermédiaire : 1° de prévenir l'abonné au cas où une communication urbaine est en cours; 2° de provoquer ensuite la déconnexion afin d'établir la jonction interurbaine.

[1] Drouet, *Le téléphone en Allemagne* (*Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, décembre 1912, p. 264-306).

Le bureau interurbain de Hildesheim dessert 32 circuits interurbains à raison de 4 par opératrice et 10 lignes de fermiers placées sur des positions spéciales, 10 positions interurbaines sont actuellement équipées ainsi que deux positions d'annotatrices et deux groupes intermédiaires.

Entretien et dérangements. — Le service de la table d'essai est fait par deux employés dont un seul est présent au bureau.

L'entretien du bureau central ainsi que la réparation des postes d'abonnés dans un atelier spécial sont assurés par trois mécaniciens qui ne sont assistés d'aucun autre personnel. Ces mécaniciens ont été jusqu'ici recrutés dans l'industrie; ils fournissent chacun une moyenne de 7 heures 45 minutes de travail par jour.

Le nombre des dérangements par jour à l'intérieur du bureau a varié, pendant les 6 premiers mois de 1912, de 4 (minimum) à 27 (maximum). La moyenne est de 15 à 20 par jour. Le chiffre maximum de 27 a été atteint pendant les travaux d'extension effectués par le constructeur; un certain nombre de fusibles sautaient par suite de contacts intempestifs aux bâtis. Les dérangements les plus fréquents sont des ratés mécaniques se produisant dans les sélecteurs.

Pour l'entretien des installations d'abonnés et toutes les réparations de lignes ne nécessitant pas l'intervention de l'équipe spéciale du service des câbles le personnel se compose de six monteurs. Ces derniers ne font chez les abonnés aucune recherche de dérangement dans le mécanisme du disque transmetteur. Dans le cas où l'appareil ne fonctionne pas, il est simplement remplacé et emporté à l'atelier du bureau central pour y être réparé.

Pendant 5 mois par an les monteurs suivent un cours pratique de 2 heures par semaine où ils sont instruits par l'un des trois mécaniciens du bureau central.

La moyenne journalière de dérangements extérieurs au bureau a été, pour les 6 premiers mois de 1912, de 10,03, dont 4,37 en lignes et 5,66 chez l'abonné. On peut compter sur un chiffre moyen de trois appareils par jour à réparer à l'atelier.

II. Installations automatiques récentes. — A la suite de la première expérience effectuée à Hildesheim, le Reichspostamt n'a pas cessé d'étudier la question de l'automatique. Le service technique central des appareils fut chargé spécialement de déterminer les meilleures dispositions à adopter pour les détails de fonctionnement du système ainsi que de mettre au point des types d'appareils et de tableaux pour abonnés.

Description générale du fonctionnement. — Les manœuvres du disque effectuées par l'abonné pour l'établissement de la communication envoient au bureau central des impulsions convenables sur chacun des deux fils de ligne, en utilisant une prise de terre au poste de l'abonné. Il a été ainsi possible de réaliser le dispositif de déconnexion forcée. Cette commodité n'existe pas dans les schémas les plus récents de l'Automatic Electric Co, qui n'utilisent pas de prise de terre au poste de l'abonné. On peut se demander si la nécessité d'établir une terre à chaque poste n'est pas un inconvénient du système. Mais il faut considérer que cette terre est nécessaire dans le cas où le réseau est aérien ou aéro-souterrain, car un parafoudre est alors indispensable et, d'autre part, s'il s'agit d'un réseau entièrement souterrain, une prise peut être facilement établie à la masse du câble sous plomb de l'entrée du poste.

Les microphones d'abonnés sont alimentés par la batterie centrale du bureau.

Chaque ligne comporte un présélecteur qui choisit un premier sélecteur libre dès que l'abonné décroche le récepteur de son appareil. L'emploi de deuxièmes présélecteurs n'a pas encore été mis en pratique, bien qu'il permette de réaliser une économie de 20 pour 100 sur le nombre des premiers sélecteurs.

Les diverses phases de l'établissement d'une communication sont les suivantes :

1° Quand l'abonné décroche le récepteur de son appareil le courant de la batterie centrale passe sur les deux fils de ligne et provoque la mise en marche du présélecteur qui choisit un premier sélecteur libre. Un ronflement caractéristique est envoyé aussitôt sur la ligne afin que l'abonné, dans le cas où il emploie un poste supplémentaire, soit averti qu'il est en communication avec le bureau, et qu'il peut manœuvrer le disque de son appareil.

2° Dès que le disque est actionné, les deux fils de ligne L_1 et L_2 sont mis simultanément à la terre, ce qui a pour effet de commander l'établissement des circuits du premier sélecteur qui doivent recevoir les impulsions correspondant au premier chiffre du numéro demandé Le retour du disque à sa position de repos maintient le fil L_1 à la terre et produit sur le fil L_2 le nombre d'interruptions nécessaires pour commander le mouvement d'élévation du premier sélecteur. A l'arrêt du disque les deux fils de ligne sont de nouveau bouclés et la terre est supprimée. A ce moment l'arbre du premier sélecteur entre en rotation et renvoie la ligne vers un deuxième sélecteur libre.

3° La sélection correspondant à l'envoi des impulsions de chacun des chiffres suivants s'effectue d'une façon identique. Toutefois les deux dernières agissent toutes deux sur le connecteur dont les deux déplacements, vertical et rotatif, sont commandés par l'abonné appelant.

4° Après l'envoi du dernier chiffre, dans le cas où la ligne demandée n'est pas libre, la déconnexion s'effectue immédiatement à partir du premier sélecteur exclusivement, afin de ne pas immobiliser plus longtemps les lignes auxiliaires et l'abonné appelant reçoit le signal d'occupation. Dès qu'il raccroche son récepteur, le premier sélecteur ainsi que le présélecteur reviennent au repos. Si l'abonné demandé est libre, il est appelé automatiquement jusqu'à ce qu'il décroche son récepteur, en même temps que l'appelant perçoit un ronflement lui donnant l'assurance que la communication est établie.

5° Dès la réponse du correspondant, les deux abonnés sont en relation et leurs microphones sont alimentés par la batterie centrale à travers des relais spéciaux du connecteur;

6° La déconnexion est commandée par le raccrochage du récepteur de l'abonné appelant et le comptage de la communication s'effectue en même temps que la déconnexion, mais ne se produit que dans le cas où le corres-



pondant a répondu. Pour éviter l'immobilisation momentanée d'un premier sélecteur par l'abonné demandé, dans le cas où il raccrocherait son récepteur après que la déconnexion a été commandée par l'abonné appelant le connecteur revient au repos seulement à ce moment, ce qui a pour effet d'empêcher le fonctionnement du présélecteur de la ligne demandée.

Bien que la commande de la déconnexion soit faite par l'abonné appelant, son correspondant peut toujours se libérer en manœuvrant une seule fois le disque de son appareil. On évite ainsi qu'une ligne se trouve bloquée par suite d'une fausse manœuvre faite à un autre poste. Ce système de déconnexion forcée constitue un réel avantage du schéma adopté. Comme il a été dit, il entraîne la nécessité d'une prise de terre à chacun des postes, ce qui ne paraît pas constituer un réel inconvénient.

Organes du Bureau central. — Les sélecteurs et les connecteurs sont ceux du système Strowger (Automatic Electric Co), dont la construction a été simplifiée, afin de ne conserver sur l'appareil même que les trois relais de travail agissant sur son arbre et produisant les mouvements d'élévation, rotation et de déconnexion. Les autres relais de commande, ainsi que le commutateur aiguilleur nécessaire au fonctionnement du sélecteur ou du connecteur en sont complètement indépendants et sont montés sur une plaque séparée et protégée par une boîte. La constitution du sélecteur est donc indépendante des variantes qu'on peut apporter au schéma. Ce procédé a permis d'adopter un commutateur aiguilleur plus robuste et d'un fonctionnement plus certain que celui qui était employé par l'Automatic Electric Co. Mais il est aussi plus compliqué, il comporte un plus grand nombre de contacts et l'installation en est rendue un peu plus encombrante.

Dans son système le plus récent l'Automatic Electric Co a supprimé l'emploi du commutateur aiguilleur, dont la construction prêtait à différentes critiques et l'a remplacé par l'emploi de relais à fonctionnement retardé (installations d'Epsom et de Nice). Mais il faut remarquer que le dispositif adopté en Allemagne, s'il est plus compliqué, donne des facilités supplémentaires d'exploitation en permettant par exemple, l'envoi du signal de jonction au bureau, utile dans le cas des postes supplémentaires, et la déconnexion forcée qui remédie entièrement à l'inconvénient de la déconnexion commandée par l'abonné appelant seul.

Les présélecteurs reposent sur un principe différent de ceux du système Keith. Chaque ligne d'abonnés a un présélecteur, entièrement indépendant de ceux des autres abonnés de la même centaine. A l'instant où l'abonné appelant décroche le récepteur de son appareil, le présélecteur se met en mouvement et ses trois frotteurs explorent les dix contacts triples correspondant à 10 premiers sélecteurs, pour s'arrêter sur le premier trouvé libre.

Le mouvement de rotation des présélecteurs, comme aussi celui des sélecteurs et de leurs commutateurs aiguilleurs, est commandé par un courant interrompu que produit un vibrateur.

L'avantage qu'on fait valoir en faveur du système est l'indépendance absolue des divers présélecteurs entre eux. On évite le danger de l'interruption simultanée de tout un groupe de lignes qui pourrait se produire dans le système Keith, au cas où un dérangement affecterait le dispositif de commande commun à un groupe de 50 ou même de 100 sélecteurs. Le pratique seule pourra permettre d'apprécier l'importance de cet avantage.

En revanche, on peut, à première vue, faire à cette disposition la critique que le fonctionnement du présélecteur exige un certain temps. Dans le cas de l'emploi de présélecteurs doubles, on peut craindre que l'abonné puisse commencer la manœuvre du disque avant que le deuxième présélecteur ait trouvé un sélecteur libre. En réalité, la durée de fonctionnement n'est que d'une fraction de seconde et cette fausse manœuvre n'est guère à craindre. Pour en réduire encore la possibilité, le système a été récemment perfectionné et le courant des vibrateurs de commande a été remplacé par le courant alternatif à 25 p : s employé pour l'appel. La durée de fonctionnement successif de deux présélecteurs est alors seulement de une demi-seconde dans le cas le plus défavorable. La suppression des vibrateurs diminue en outre d'une façon appréciable le nombre des dérangements.

Appareils d'abonnés. — Trois types d'appareils automatiques à disque sont en service : 1° appareil mural à microphone articulé; 2° appareil mural à combiné; 3° appareil mobile à combiné à commutateur à pompe.

Le poste renferme toujours la sonnerie et l'on a la possibilité d'en ajouter une seconde indépendante.

Les appareils adoptés le plus récemment par l'Administration sont en tôle laquée noire.

Dans les postes comportant un combiné, il a été indispensable d'adopter un schéma dans lequel le microphone est shunté par une résistance à forte self-induction pendant toute la durée de la conversation. On évite ainsi toute chance de déconnexion intempestive dans le cas de résistance anormale ou d'interruption dans le circuit du microphone. La sonnerie est employée à cet effet comme shunt.

Tableaux pour postes supplémentaires. — Les types de tableaux pour les réseaux automatiques à batterie centrale ont été créés par le Service technique central des appareils. L'idée directrice a été de conserver le mode d'exploitation des tableaux déjà adoptés pour le service manuel et de modifier le moins possible leur construction.

Alimentation. — Pour les communications avec le réseau, les postes supplémentaires, aussi bien que le poste principal, reçoivent le courant microphonique de la batterie centrale du bureau.

Pour les communications intérieures, l'alimentation est faite par une batterie d'accumulateurs de faible capacité, installée à proximité du tableau. Cette batterie sert aussi à l'alimentation des divers signaux du tableau. Pendant tout le temps que la ligne du réseau n'est pas occupée, la batterie reçoit un courant de charge du bureau central par l'un des fils de la ligne avec retour par la terre. Grâce à cette disposition, il suffit d'une batterie de très faible capacité. On emploie habituellement dix éléments Edison (12 volts) de 1,6 ampère-heure.

Le type Edison (accumulateurs au nickel) a été choisi parce que ce type peut supporter sans aucun dommage des régimes de charge et de décharge très irréguliers.

Un modèle spécial d'éléments, de poids et d'encombre-



ment particulièrement réduits a été construit pour cet usage. Chacun des éléments est cylindrique et a seulement un diamètre de 3 cm sur une hauteur de 11,5 cm et les dix éléments se logent dans la boîte en bois construite pour renfermer deux éléments de pile à liquide. immobilisé. Ces batteries, dont la capacité normale est, comme il a été dit, de 1,6 ampère-heure, peuvent donner sans inconvénient 2 ampères-heure. Leur régime de charge et de décharge est de 0,4 à 0,6 ampère. Elles suffisent dans presque tous les cas. Ces accumulateurs ne nécessitent à peu près aucune surveillance ni aucun entretien. Il suffit de remplacer l'eau qui s'est évaporée, à chaque visite de l'installation de l'abonné.

Différents types de tableaux. — Chacun des postes supplémentaires est muni du disque, ainsi que le tableau. Pour chaque installation, le nombre maximum des postes supplémentaires est égal à cinq fois le nombre des lignes principales.

La règle générale est l'adoption au tableau, pour la réponse au réseau, l'appel des postes supplémentaires et leur mise en communication avec le réseau, de boutons de connexion enclanchés entre eux, qui permettent d'obtenir la garde automatique de la ligne du bureau central, sans qu'il puisse y avoir aucun risque de fausse manœuvre de la part du préposé. Pour l'intercommunication des postes supplémentaires il est toujours fait usage de paires de cordons et de jacks.

Le poste principal fait partie du tableau ainsi que la sonnerie. Il appelle les postes supplémentaires à l'aide d'une magnéto et, dans les installations très importantes, à l'aide d'un changement de pôles. Les postes supplémentaires appellent le tableau par simple décrochage du récepteur. Dans le cas où des intercommunications doivent être possibles pendant la nuit, les deux postes supplémentaires devant communiquer reçoivent une magnéto qui leur permet de s'appeler réciproquement.

Les différents types de tableaux adoptés sont au nombre de 9; l'auteur donne sur chacun d'eux quelques indications.

Relations d'un bureau automatique avec un bureau manuel. — La méthode suivante a été employée jusqu'ici : Pour les relations émanant du bureau automatique, l'abonné choisit lui-même le bureau manuel, ou une téléphoniste reçoit sa demande. Les demandes émanant du bureau manuel sont reçues au bureau central automatique sur des groupes d'arrivée manuels ordinaires, exploités en ligne de conversation et sur lesquels les lignes des abonnés automatiques sont multipliés.

Relations avec l'interurbain. — Le mode d'exploitation adopté est celui qui est employé à Heldesheim.

Party lines. — Jusqu'ici il n'a pas paru intéressant en Allemagne d'essayer des systèmes de party lines dans les réseaux automatiques. L'intérêt en est très diminué par la possibilité qu'on a de réduire sensiblement le prix moyen des lignes par la création de centres secondaires.

Entretien des bureaux automatiques. — Pour les grands bureaux, l'Administration allemande admet qu'il suffira d'un mécanicien (effectif réel de deux mécaniciens) pour l'entretien des organes de 2000 lignes d'abonnés. Le service des essais doit, en outre, être assuré par un personnel spécial.

Le bureau automatique d'Altenburg, un des plus récents (mis en service en 1910), comprend un effectif total de deux mécaniciens pour 800 lignes en service. Mais il faut considérer que c'est là un chiffre minimum au-dessous duquel on ne pouvait pas descendre. La proportion serait considérablement réduite pour un service important. Le nombre des dérangements intérieurs constatés au bureau d'Altenburg a été en moyenne de 1,5 par 100 habitants et par mois.

III. Applications diverses de l'automatisme. — 1° L'un des emplois les plus intéressants du système automatique est celui qui a pour but *d'étendre le bénéfice du service permanent* d'un bureau central téléphonique manuel important *à des localités voisines* dans lesquelles il serait trop onéreux d'assurer un service manuel ininterrompu, en raison du petit nombre des abonnés.

Dans ce but, le service technique central du Reichspostamt a étudié et mis au point un type d'installations qui a été adopté définitivement et dont l'emploi est déjà réalisé ou projeté dans un grand nombre de localités. L'installation complète pour 50 lignes est condensée sur un seul bâti de 1,8 m de haut sur 1,12 m de large et 0,50 m de profondeur. Pour étendre la capacité à 100 lignes (chiffre maximum), il suffit de poser un deuxième bâti identique à la suite du premier.

Les abonnés reçoivent des appareils à disque du modèle ordinaire à batterie centrale. Le ou les circuits reliant le petit réseau au bureau central à service permanent sont équipés comme une ligne ordinaire d'abonné automatique et ne sont donc pas spécialisés dans un sens déterminé; ils aboutissent au bureau manuel sur une table interurbaine ordinaire dont le poste d'opérateur a été pourvu d'un disque.

La batterie du petit bureau est chargée en général par celle du grand bureau en utilisant l'un des deux fils du circuit pendant tout le temps où il n'est pas occupé. Aucun personnel technique n'est affecté à l'entretien de l'installation dont la vérification est faite périodiquement par un mécanicien du centre manuel. Le bâti est placé, en général, dans un bureau de poste dont le préposé garde en réserve plusieurs connecteurs de rechange. S'il constate que l'un des appareils s'est arrêté dans une position anormale, il le remplace (opération immédiate puisque les organes sont amovibles et prennent leurs contacts par des broches à ressorts) et l'envoie en réparation à l'atelier du grand bureau.

2° Une deuxième application de l'automatique va être mise incessamment à l'essai pour les *lignes de fermiers.* Ces dernières se sont très répandues en Allemagne depuis une douzaine d'années. Aujourd'hui 30 000 postes environ sont desservis par ce genre de lignes.

Le principe du système consiste à relier un certain nombre de postes en parallèle sur un même circuit. On peut aussi, à l'aide d'une seule ligne, relier téléphoniquement entre elles et avec le réseau interurbain jusqu'à 15 ou 20 localités rurales dont le trafic est extrêmement réduit.

Dans le système ordinaire, l'appel des postes entre eux

s'effectue par signaux conventionnels à l'aide d'une magnéto. Un dispositif spécial permet de ne pas influencer par ces appels l'annonciateur du bureau manuel auquel est relié le circuit et qui est appelé par courant continu. L'incommodité est manifeste. Un grave inconvénient est que tous les postes reçoivent l'appel et savent qu'une conversation va avoir lieu, ce qui provoque des indiscrétions qui sont toujours possibles de la part de l'un quelconque des postes. Le dispositif qui va être essayé donne à chacun des postes un disque dont la manœuvre lui permet d'appeler le correspondant désiré sans que les autres en soient avertis. D'autre part, le secret est assuré entièrement à l'aide d'un relais de coupure placé dans chacune des installations.

3° Un *distributeur automatique de trafic* est en cours d'installation au bureau interurbain de Berlin. Il est destiné à remplacer les deux standards de distribution chargés de répartir les appels entre les différentes annotatrices. Sa capacité est prévue pour 240 lignes et 56 annotatrices. Une table spéciale recevra les appels en instance au cas où aucune des annotatrices ne serait libre et pourra les envoyer à des positions spéciales de secours. De plus, une série de lampes indicatrices placées sur cette table permettra la surveillance du service de toutes les opératrices.

IV. Système semi-automatique. — Aucun bureau semi-automatique n'était encore en service en Allemagne, en juillet 1912, mais plusieurs installations étaient, soit en construction, soit en projet.

Le système adopté (Siemens et Halske) est celui actuellement en service à Amsterdam. Comme à Amsterdam, il est prévu dans chaque bureau une table spéciale d'équilibre qui reçoit les appels en instance quand aucune des téléphonistes n'est libre. Ces appels s'écoulent ensuite automatiquement aux claviers, mais ils peuvent aussi être pris à volonté par une opératrice de secours placée à la table d'équilibre. Le rendement prévu dans les avant-projets pour les opératrices desservant les claviers est de 450 communications à l'heure en moyenne.

Un des principaux avantages qu'on fait valoir en Allemagne en faveur du système adopté, est qu'il peut être adopté immédiatement à l'automaticité complète et que les deux modes d'exploitation sont même possibles en même temps, certains abonnés étant munis d'appareils à disque, d'autres ayant l'appareil ordinaire.

Il faut signaler le mode spécial d'exploitation qui sera employé à Leipzig pour assurer les relations des abonnés semi-automatiques avec le bureau manuel. Les organes automatiques seront dans des bureaux spéciaux, mais les claviers seront installés au bureau central manuel, situé dans un immeuble différent. Chaque appel d'un abonné semi-automatique sera reçu au bureau manuel sur un monocoïde par une opératrice qui, au cas où il sera destiné à un abonné manuel, établira immédiatement la connexion au moyen d'un multiplage et, au cas où il sera destiné à un abonné semi-automatique, le renverra à l'aide d'une clé vers un clavier libre.

Cette solution paraît, à première vue, diminuer beaucoup l'économie en opératrices que doit permettre de réaliser un système semi-automatique, mais on doit considérer que ce n'est là qu'une situation de transition qui ne sera pas maintenue, puisque tout le réseau de Leipzig doit être progressivement transformé.

V. Installations existantes ou en construction. — Les réseaux automatiques suivants ont été mis en exploitation aux dates indiquées :

1908. Hildesheim : 1100 lignes, batterie locale, sans présélecteurs;

1910. Altenburg : 800 lignes, batterie locale, avec présélecteurs.

Réseaux ruraux reliés à un autre à service permanent :

1909. Dallmin : batterie locale, avec présélecteurs, 30-40 lignes;

1911. Raeren, Neudietendorf, Domap, Dürrheim, Wenden (Westphalie) : batterie locale, avec présélecteurs, ayant respectivement 20, 40, 40, 40 et 20 lignes.

Il faut y ajouter les installations automatiques en service en Bavière.

D'autre part, les installations suivantes devaient être mises en service pour la fin de 1912 :

Posen : 4000 lignes, système semi-automatique;

Liegnitz : 1000 lignes, système semi-automatique;

Dresde : 17 000 lignes en un seul bureau automatique. En 1913, sera construit un bureau secondaire pour 5000 lignes du système entièrement automatique (actuellement le réseau manuel comprend environ 17 000 abonnés);

Leipzig : 7000 lignes réparties en trois bureaux secondaires, système semi-automatique (capacité 100 000) prévu pour 20 000 lignes (15 000 abonnés existent actuellement). Les claviers sont tous placés dans le bureau manuel et les trois bureaux secondaires sont réunis entre eux par des lignes directes.

Le système semi-automatique paraît être considéré en Allemagne comme un mode de passage progressif de l'exploitation manuelle, à l'exploitation entièrement automatique. L'expérience acquise a donné, en effet, la certitude qu'aucune difficulté n'était à craindre du fait de la manœuvre du disque de la part de l'abonné. C'est pourquoi, dès 1913, un bureau secondaire entièrement automatique sera mis en service à Dresde, bien que la capacité du réseau exige de la part des abonnés une combinaison de cinq chiffres à l'aide d'un disque. Il semble, d'ailleurs, que l'essai fait en Autriche d'un système de poste d'abonné à composition préalable ait été coûteux et peu satisfaisant.

RADIOTÉLÉGRAPHIE.

Applications de la propagation des ondes électriques à haute fréquence le long des fils [1].

Pendant ces trois dernières années, des recherches approfondies ont été faites par le major Geo.-O. Squier, du *Signal Corps* de l'armée des États-Unis, en vue de l'application à la téléphonie et à la télégraphie, des phénomènes de propagation des ondes à haute fréquence le

(1) J.-S. Stone, *Electrician*, t. LXX, 22 novembre 1912.



long des câbles et des lignes aériennes. Ces études ont porté également sur les moyens de sélectionner à l'extrémité réceptrice de la ligne les courants de fréquences différentes, de manière à ne recevoir dans un circuit déterminé que les variations d'amplitude ou d'intensité du courant sur la fréquence duquel il est accordé.

Les résultats de ces travaux ont démontré que les ondes électriques à haute fréquence permettent de transmettre non seulement les signaux télégraphiques Morse, mais aussi la parole, le long des lignes télégraphiques et téléphoniques ordinaires, et cela à des distances considérables. De plus, de nombreux messages téléphoniques ou télégraphiques peuvent être transmis simultanément sur la même ligne sans interférences possibles; le système multiplex à haute fréquence peut même être superposé à l'ancien système, et les nouveaux appareils ajoutés sur les lignes équipées pour le télégraphe et le téléphone ordinaires, sans gêner aucunement le fonctionnement des anciens appareils et sans être gênés par eux.

Le major Squier a versé dans le domaine public ses brevets relatifs à cette nouvelle invention.

La fréquence des ondes électriques ou courants propagés le long des fils dans ce nouveau système est de 20 000 périodes par seconde au moins; elles ne sont donc pas perceptibles à l'oreille, et la voix est transmise par des variations convenables dans l'amplitude ou l'intensité du courant à haute fréquence qui est normalement uniforme; les signaux sont reçus au moyen d'un téléphone magnétique placé dans un circuit local qui comprend un appareil propre à redresser le courant à haute fréquence. Le redresseur employé est de préférence un Audion, quoique une électrode de Wollaston, et peut-être les détecteurs à cristaux peuvent également servir. Le redresseur du circuit local récepteur transforme le courant à haute fréquence du fil de ligne en un courant pulsatoire d'une fréquence double, ou, ce qui revient au même, il le transforme en un courant toujours de même sens, avec superposition d'un courant alternatif d'une fréquence double de celle du courant de ligne. Le récepteur téléphonique est muet pour la composante alternative du courant redressé, mais il est sensible à la moindre variation dans l'intensité de la composante unidirigée.

Les rapports de la nouvelle télégraphie et téléphonie à haute fréquence avec la radiotélégraphie et la radiotéléphonie sont mis en évidence par la figure 1 qui donne le schéma du nouveau système dans sa forme pratique la plus simple.

Ce schéma représente, en effet, deux stations radiotélégraphiques ou radiotéléphoniques reliées par un fil servant de guide aux ondes entre le transmetteur et le récepteur. Dans ce montage le courant est fourni par un alternateur à haute fréquence A qui doit pouvoir fournir 20 watts sous 10 volts et à une fréquence au moins égale à 20 000 périodes par seconde. Ces conditions sont remplies par la dynamo Alexanderson à haute fréquence; cependant, dans le cas de son application à la téléphonie, cette dynamo doit remplir une condition supplémentaire qui est que sa courbe de courant soit parfaitement pure et dénuée de tout harmonique correspondant à une fréquence perceptible à l'oreille. Il est d'ailleurs probable que les dynamos à haute fréquence seront bientôt abandonnées en faveur des oscillateurs construits d'après le principe général de l'oscillateur d'Elihu Thomson, qui donnent des oscillations entretenues d'une fréquence supérieure aux limites du son, et qui présentent les avantages d'être moins coûteux, moins encombrants et d'un emploi moins délicat.

La figure 1 représente à la fois le montage du système

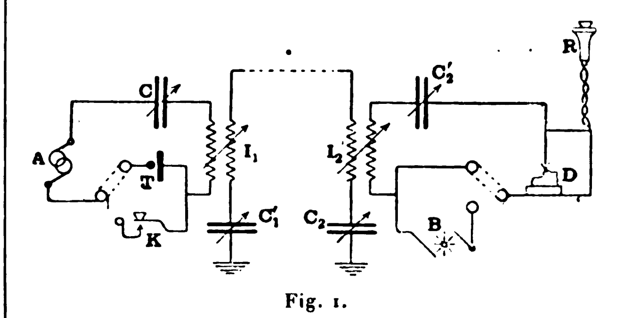


Fig. 1.

télégraphique et celui du système téléphonique. Le premier correspondant aux positions inférieures des deux commutateurs, et le dernier aux positions supérieures figurées en pointillé.

Dans le nouveau système de téléphonie à haute fréquence, lorsqu'on parle dans le transmetteur T, il modifie l'amplitude du courant à haute fréquence dans le circuit primaire de la bobine d'induction I_1, exactement de la même façon que, dans l'ancien système, il modifierait l'intensité du courant de la batterie dans le primaire de la bobine d'induction; il en résulte des fluctuations exactement correspondantes dans la composante unidirigée du courant qui traverse le récepteur R à la station réceptrice.

Dans le nouveau système télégraphique, le jeu du manipulateur K provoque des émissions et des suppressions de courant à haute fréquence dans la ligne. Le résultat serait simplement de produire de faibles bruits au téléphone récepteur correspondant à l'établissement et à la rupture du courant, aussi est-il nécessaire de placer dans le circuit un interrupteur périodique B qui peut être un commutateur tournant ou un simple vibrateur. Le rôle de cet interrupteur est de couper les trains d'ondes constituant les éléments des signaux Morse en une succession de trains d'ondes plus courts ayant une fréquence d'environ 450 périodes par seconde qui, une fois redressés, donneront au téléphone récepteur un son musical très perceptible.

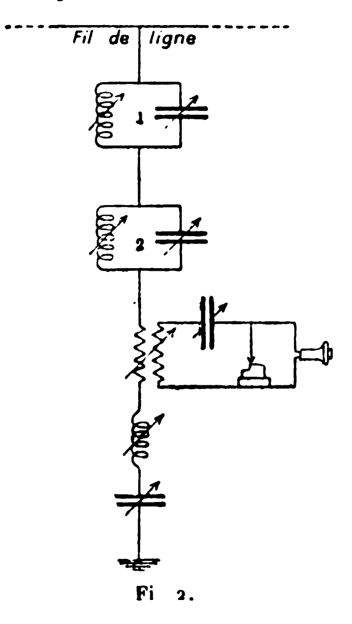
Les bobines d'induction I_1 et I_2 sont sans noyaux de fer; les flèches traversant leurs symboles indiquent qu'elles sont à accouplement variable. Les flèches traversant les condensateurs indiquent que ces derniers sont à capacité réglable de manière à obtenir l'accord électrique des circuits qui les contiennent.

Il y a une différence radicale au point de vue de l'accord de la station transmettrice entre les systèmes télégraphiques et téléphoniques; ceci est dû à ce fait que dans le télégraphe c'est l'amplitude propre des ondes à haute fréquence émises qui détermine la plus ou moins grande intensité des signaux reçus, tandis que, dans le téléphone,

c'est la grandeur des variations dans l'amplitude des ondes qui intervient. Quant à la station réceptrice du montage représenté sur la figure 1, l'accord du primaire et du secondaire se fait uniquement en vue de l'obtention du maximum de courant au secondaire; on est guidé dans ce réglage par le téléphone récepteur lui-même, le courant à la réception étant de trop faible intensité pour permettre l'emploi d'un ampèremètre à fil chaud.

Le système décrit précédemment ne présente pas une bien grande utilité générale puisqu'il ne s'applique qu'à une transmission unique. Or le même système peut être employé en vue d'une transmission multiplex, moyennant quelques précautions dont nous allons parler; sans ces précautions il deviendrait nécessaire de choisir des fréquences très différentes pour les différents transmetteurs et récepteurs travaillant simultanément.

La figure 2 représente une des branches réceptrices



Fi 2.

d'un système multiplex. Il est à remarquer que cette dérivation du fil de ligne comprend deux circuits en boucle 1 et 2 renfermant chacun un condensateur et une bobine; la résonance propre de chacun de ces circuits est réglée sur une des deux fréquences de courant qu'il est particulièrement intéressant d'exclure du récepteur. Le rôle de ces circuits en boucle est de rendre pratiquement la dérivation non conductrice pour les courants sur la fréquence desquels ils sont accordés. Il est possible par ce procédé de protéger un récepteur des courants destinés aux récepteurs voisins pour une différence de moins de 10 pour 100 entre les fréquences.

Le montage de l'appareil récepteur représenté par la figure 3 procède d'un autre principe qui consiste à protéger le récepteur des courants émis par d'autres transmetteurs au moyen de circuits dérivés mis en résonance respectivement sur les fréquences engendrées par les stations voisines.

Enfin le montage de la figure 4 représente le système de balance qu'on peut employer pour rendre un récepteur indifférent aux courants engendrés par le transmetteur de la même station. Dans ce montage, la branche GO est accordée sur la fréquence du transmetteur, tandis que les branches OD, PD et DG sont accordées séparément sur la fréquence du récepteur. Le système figuré en A

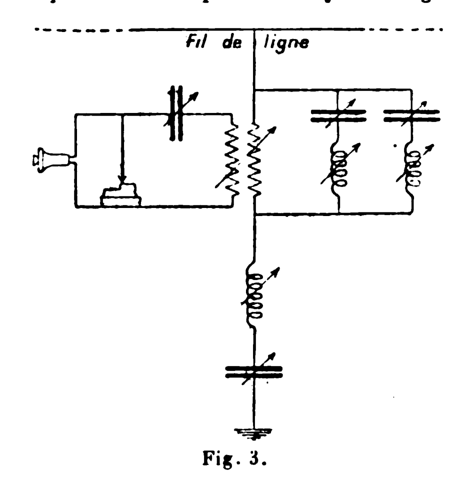


Fig. 3.

comporte une résistance, une inductance et une capacité réglables de telle façon qu'on puisse rendre le vecteur impédance de cette branche égal à un multiple du vecteur impédance de la ligne, mesuré à partir du point P vers l'extérieur. La branche OG du transmetteur et la branche PD du récepteur sont conjuguées, le produit des vecteurs impédance des branches OP et DG étant égal au produit du vecteur impédance de la branche OD et de celui de la ligne. Les ponts de cette sorte doivent être équilibrés à la fois pour les résistances et pour les réactances de leurs branches.

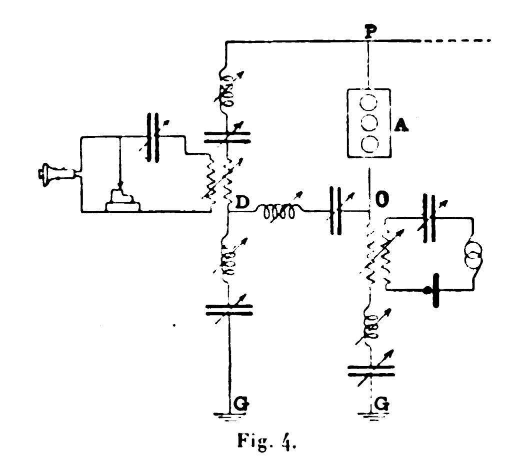


Fig. 4.

Il est évident que dans les cas où les interférences voisines sont particulièrement à craindre, les méthodes des figures 2 et 3 peuvent être combinées avec succès. Avec un récepteur protégé de la sorte, l'intensité du courant à exclure pourrait être de plusieurs millions de fois supérieure à celle du courant à recevoir, et sa fréquence pourrait ne différer que de quelques pour-cent, sans qu'il se produise la moindre interférence.

Une question importante en télégraphie et en téléphonie est celle de la centralisation de la production du courant; cette question est heureusement très facile à résoudre dans le nouveau système de télégraphie et de téléphonie à haute fréquence.

L'auteur a étudié différents procédés de réalisation pratique; nous n'en décrirons que deux. Dans le premier, les générateurs à haute fréquence sont reliés en série dans les circuits du bureau central et chacun d'eux est shunté par un certain nombre de circuits résonnants. Chacun des circuits est mis respectivement en résonance sur une des différentes fréquences utilisées sur la ligne, à l'exclusion de celle du courant engendré par le générateur qu'il shunte.

Un autre moyen pratique de centraliser l'énergie est représenté par la figure 5. Les divers générateurs placés chacun dans un circuit local accordé sur sa propre fréquence agissent inductivement sur un transformateur secondaire placé en série ou en parallèle avec le circuit télégraphique ou téléphonique. Les générateurs dans le système à énergie centralisée développent des potentiels supérieurs à ceux qui sont destinés à fonctionner aux sous-stations.

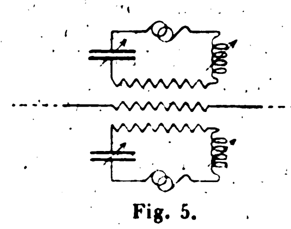


Fig. 5.

Une combinaison dont l'idée première revient au Dr Louis Duncan, consiste à n'employer le courant à haute fréquence que sur les lignes principales. Dans ce système, le courant à haute fréquence est lancé sur la grande ligne par un relais placé au bureau central et commandé par la sous-station à l'aide des anciens appareils, ceux-ci n'étant plus utilisés que sur les circuits secondaires. Notons que ce système de relais peut s'appliquer aussi bien à la téléphonie qu'à la télégraphie.

Nous n'avons fait que mentionner succinctement le fait que le système de télégraphie et de téléphonie multiplex à haute fréquence, pouvait coexister sur une même ligne avec les anciens systèmes, sans qu'il en résulte le moindre gêne dans le fonctionnement de l'un ou de l'autre. Cette question a fait l'objet d'une étude complète de la part du major G.-O. Squier; nous y renvoyons ceux de nos lecteurs qu'elle pourrait intéresser [1].

Il existe un grand avantage du système à haute fréquence sur les systèmes existants, en ce qui concerne le phénomène de distorsion. On pourrait admettre sur les lignes téléphoniques actuelles une bien plus grande valeur pour l'affaiblissement du courant, si ce n'était la distorsion qui l'accompagne habituellement. Dans le nouveau système de téléphonie à haute fréquence, l'affaiblissement, quoique plus grand que dans l'ancien système, n'entraîne cependant pas la moindre distorsion, en raison de ce fait qu'une seule fréquence est en jeu.

[1] Cf. *The Electrician*, t. LXVII, p. 891.

Un autre avantage très intéressant de ce système est qu'il permet d'obtenir une ligne très silencieuse, ce qui autorise l'emploi de récepteurs téléphoniques de plusieurs milliers d'ohms ayant une sensibilité relativement plus grande que les récepteurs actuellement en usage.

L'absence de distorsion et le silence de la ligne écartent le principal obstacle à l'emploi des amplificateurs téléphoniques à l'extrémité de la ligne pour compenser les effets de l'affaiblissement du courant.

Le plus sérieux obstacle que rencontre l'application de la téléphonie et télégraphie à haute fréquence, réside indubitablement dans l'affaiblissement excessif du courant lorsqu'il circule le long de la ligne, principalement dans les câbles, et s'il était impossible d'y remédier l'emploi du système à haute fréquence serait limité pratiquement à des distances relativement courtes. Cependant si l'on tient compte de ce que ce système utilise des courants de ligne de plus grande intensité, qu'on peut employer des récepteurs plus sensibles, qu'il n'y a ni distorsion, ni sons parasites, on arrive à ce résultat que l'affaiblissement admissible dans ce cas est 6,9 pour 4,6 dans les systèmes existants.

Si l'on considère les méthodes qui consistent à *charger* les lignes téléphoniques au moyen d'inductances uniformément réparties, on se rend compte qu'elles présentent de nombreux inconvénients; en premier lieu ce procédé s'applique mal aux lignes aériennes, il rend les câbles lourds et encombrants, il rend impossible la prédétermination de la constante d'affaiblissement d'un tel circuit, enfin l'évidence tend à prouver que lorsqu'un câble ainsi *chargé* est soumis à des courants de haute fréquence, la dissipation d'énergie due à l'hystérésis dans l'enveloppe en fer, doit largement compenser le bénéfice d'un accroissement d'inductance du circuit.

Quant à l'autre procédé qui utilise des bobines, il apparaît comme beaucoup trop coûteux, le nombre de bobines devant être environ 70 fois plus grand pour une fréquence de 100 000 que pour un courant de fréquence égale à 1500 pour lequel on compte environ 4,5 bobines par longueur d'onde.

Cependant le fait que de nombreuses lignes principales sont à l'heure actuelle munies de bobines en vue de l'amélioration de l'ancien système, plaide en faveur de l'application du système à haute fréquence à ces mêmes lignes. Il devient dès lors nécessaire de shunter les bobines par des condensateurs qui agiront pratiquement comme des courts circuits sur les bobines pour les courants à haute fréquence et agiront comme des shunts négligeables pour le téléphone à basse fréquence.

Il est probable que les dépenses résultant de ces modifications seront compensées par l'accroissement du nombre effectif des circuits desservis.

R. B.

Sur l'origine de la télégraphie sans fil par étincelles musicales [1].

Dans cette note, l'auteur signale qu'il a exposé dès 1898, dans un pli cacheté reçu par l'Académie le

[1] A. BLONDEL, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 3 février 1913, p. 371-373.

16 août 1898, les avantages du système d'émission par étincelles musicales produites par un alternateur à fréquence élevée, système qui aujourd'hui a conquis la faveur des spécialistes. Voici quelques passages de ce pli cacheté qui a été ouvert dans la séance du 3 février dernier.

« *Remplacement des bobines d'émission par des transformateurs.* — Le nombre d'émissions d'ondes qu'on obtient actuellement par les bobines est limité par leur construction même. On augmenterait notablement l'énergie envoyée dans l'espace et, par suite, la portée des signaux, au moins dans le cas d'emploi des cohéreurs, en accroissant ce nombre d'émissions. Dans ce but, on peut d'abord multiplier le nombre des contacts par seconde des interrupteurs, mais on est très limité, et d'ailleurs la constante de temps des bobines ne permet pas de réduire trop la durée du courant primaire avant chaque rupture. On peut obtenir des résultats bien plus importants en alimentant des oscillateurs à l'aide de transformateurs recevant leur courant primaire d'alternateurs....

» Pour obtenir ces hauts voltages, il me paraît tout indiqué de recourir à des alternateurs à fréquence bien plus élevée, 1000 périodes par seconde par exemple, comme l'alternateur Ewing-Parsons. On augmentera ainsi à la fois la tension et le nombre d'émissions par seconde. C'est dans cette voie, je crois, bien plus que dans l'accroissement de la puissance des bobines ou l'emploi des appareils à haute fréquence du genre Tesla-Thomson, qu'il faut chercher la solution du problème de l'accroissement de la puissance d'émission des signaux hertziens, notamment en vue de leur application aux signaux maritimes....

» Par exemple, les navires faisant le service entre la France et l'Amérique pourraient adopter des sons très différents, suivant qu'ils vont dans un sens ou dans l'autre, et avoir des récepteurs accordés sur le son des navires qu'ils risquent de croiser et insensibles à leurs propres signaux.

» De même, si l'on installe dans nos phares des émetteurs de signaux sans fil, les divers phares pourraient émettre une ou plusieurs notes différentes. »

M. Blondel ajoute :

« Il m'a paru intéressant de rappeler ces prévisions au moment où cette méthode vient de recevoir, avec ma collaboration, d'intéressantes applications; deux radiophares, émettant respectivement les notes ut_4 et sol_4, et fournissant des signaux groupés par commutateur automatique, viennent d'être mis en service avec succès aux îles d'Ouessant et de Sein, il y a quelques mois, par le service des Phares, sous la haute direction de son directeur, M. l'inspecteur général Ribière, et réalisent parfaitement tous les avantages prévus par la facile distinction des signaux.

» Je dois ajouter que l'antériorité que je rappelle ne saurait réduire le mérite des officiers et ingénieurs qui, comme M. le commandant Ferrié et M. Béthenod, ont contribué, depuis quelques années, à la réalisation pratique du système exposé plus haut et qui y ont apporté d'importants perfectionnements; en particulier dans les postes auxquels il est fait allusion, l'alternateur est du type Béthenod et l'éclateur du type Ferrié. »

Influence réciproque des antennes parallèles sur les conditions de réception des ondes hertziennes (1).

Dans des expériences, faites à Montpellier, avec un poste à plusieurs antennes, l'auteur a pu constater que les conditions de réception par l'une d'elles sont notablement modifiées par le réglage des autres.

Dans un premier groupe d'expériences, l'auteur prenait deux antennes A et A', l'une et l'autre horizontales, A' étant installée à quelques mètres au-dessus de A et parallèlement à celle-ci. Elles ont à peu près la même longueur (70 m environ), mais A est formée de trois fils distants entre eux de 1 m, tandis que A', constituée par un seul fil, correspond à une longueur d'onde un peu moindre. L'antenne A est en relation avec un récepteur R (récepteur par dérivation simple, modèle Ducretet); l'antenne A' est en relation avec le primaire d'un récepteur par induction R'.

En général, l'antenne A' influe peu sur les conditions de réception par A, c'est-à-dire qu'il importe peu que A' soit isolée, ou reliée directement à la terre, ou reliée à celle-ci par la bobine de self-induction de R', pourvu toutefois que cette self-induction n'ait pas précisément la valeur nécessaire pour établir la résonance, c'est-à-dire la meilleure réception en R'. Si l'on réalise, en effet, cette condition, l'audition en R par l'antenne A diminue brusquement et tout déréglage de A'R', soit par augmentation ou diminution de la self-induction, soit par l'isolement de A', améliore l'audition par A.

Mais cette propriété ne subsiste pas en ce qui concerne l'action réciproque de A sur A', c'est-à-dire que le réglage de AR pour les conditions de résonance n'amène pas un minimum d'audition en A'R' : en effet, en déréglant alors A par augmentation de self-induction, on améliore l'audition par A', tandis qu'on l'affaiblit si l'on dérègle A par diminution de la self-induction de R; on passe toutefois par un minimum, car l'isolement complet de A par séparation de A et de R produit une légère amélioration de l'audition par A'.

Il y a donc entre l'action de AR sur A'R', et celle de A'R' sur AR une dissymétrie. Cette dissymétrie ne tient pas à la différence des appareils récepteurs, car elle se maintient en permutant les communications, c'est-à-dire en reliant A avec R' et A' avec R. Elle se produit encore en mettant des détecteurs électrolytiques ou des détecteurs à cristaux, ces détecteurs pouvant être de nature différente et permutés d'une manière quelconque pour R et R'.

On peut se demander si cette dissymétrie est due à la différence de position des antennes. Pour élucider ce point, M. Meslin a permuté les deux antennes, mettant à la partie supérieure l'antenne A à trois fils, et il a recommencé les déterminations précédentes. Il a observé la même dissymétrie, qui ne semble donc pas liée à la position des antennes et qui peut se résumer de la manière suivante :

« La réception par la petite antenne A' est améliorée

(1) Georges MESLIN, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 17 février 1913, p. 543-545.



lorsque l'antenne A est reliée à la self-induction qui la règle à sa résonance ou à une self-induction de valeur supérieure. Au contraire l'audition de la grande antenne A est toujours diminuée si A' est réglée à sa résonance; elle est toujours améliorée par le déréglage de A', soit qu'on agisse sur la self-induction d'antenne, soit qu'on modifie le secondaire du circuit de résonance. »

Phénomènes mis en jeu dans le détecteur électrolytique sans force électromotrice auxiliaire et considération théorique sur le fonctionnement des détecteurs électrolytiques (1).

Dans une communication faite en 1909 au Congrès de Lille de l'Association française pour l'Avancement des Sciences (2), M. Jégou faisait connaître de nouveaux détecteurs électrolytiques fonctionnant sans nécessiter de force électromotrice auxiliaire.

Ces détecteurs ne différaient des électrolytiques ordinaires qu'en ce que la large électrode était constituée par du mercure. Plus tard, M. Jégou prit l'amalgame d'étain; plus récemment enfin l'amalgame de zinc. Ces nouveaux détecteurs, non seulement sont aussi sensibles que les détecteurs électrolytiques ordinaires, mais leur sont parfois supérieurs; d'autre part, le son engendré par les trains d'ondes dans les écouteurs est extrêmement clair et spécialement favorable à la réception des trains d'ondes musicaux.

Lorsqu'on étudie le fonctionnement de ces détecteurs, il paraît bien certain que la sensibilité de la cellule électrolytique est due au couple électrique qui naît du contact des deux électrodes différentes avec l'électrolyte. Il est intéressant de remarquer que l'électrode active, c'est-à-dire l'électrode à contact punctiforme avec l'électrolyte, fonctionne sous l'action d'un courant en sens inverse du courant appliqué quand le détecteur est associé à une source électrique auxiliaire; en d'autres termes, l'électrode active agit comme cathode et non comme anode suivant le montage habituel. En effet, c'est l'amalgame mercure-zinc qui est attaqué légèrement par l'électrolyte et qui, par conséquent, constitue le pôle négatif de l'élément. A l'intérieur de cet élément le courant va donc de l'électrode mercure-zinc vers l'électrode sensible. Ce sens est bien inverse du courant normal dans le détecteur polarisé. Il importe d'ailleurs de remarquer que la haute sensibilité de ce détecteur est due précisément à ce que la tension critique λ' d'un tel détecteur, lorsqu'on applique sur l'électrode active le pôle négatif d'une source auxiliaire, est précisément égale à la force électromotrice produite par le couple intérieur de la cellule électrolytique ainsi formée.

Ces recherches ont conduit M. Jégou à penser qu'à la théorie qui fait mettre en jeu une dépolarisation de l'électrode active sous l'action de l'onde pour expliquer le fonctionnement des détecteurs électrolytiques, il pourrait être intéressant de joindre une hypothèse sur le mécanisme de l'action des ondes hertziennes sur cette dépolarisation. Il a été conduit à supposer que le platine, corps extrêmement poreux et condensant facilement des gaz en lui-même, se comporterait comme une sorte de limaille agglomérée (expérience de Branly, radioconducteur à limaille agglomérée dans du soufre) qui, en quelque sorte, cohérerait sous l'action des ondes, ce qui aurait pour effet de chasser les gaz occlus dans le platine, c'est-à-dire précisément de dépolariser l'électrode sensible.

Si l'on tient compte d'autre part du skin-effect pour les courants de haute fréquence, qui est tel que pour la fréquence 10^8 l'intensité des oscillations n'est plus que le centième de l'intensité superficielle à la profondeur de 0,029 mm, on s'explique aisément pourquoi le fil de l'électrode sensible doit être : 1° en platine (métal poreux); 2° en fil très fin (skin-effect); 3° très court (effet total du courant hertzien avant toute diffusion dans l'électrolyte).

Cette théorie semble pouvoir expliquer facilement la plupart des phénomènes secondaires observés dans le fonctionnement d'un détecteur électrolytique avec ou sans force électromotrice :

1° Fonctionnement sans pile, même avec deux électrodes en platine, sous l'action d'ondes énergiques, avec naissance d'un courant inverse au courant décelé quand on lui applique une source auxiliaire;

2° Possibilité de fonctionnement, comme M. Jégou l'a observé, avec une électrode active en fil de platine extrêmement fin ayant 5 mm à 6 mm de long, si ce fil a été au préalable porté à l'incandescence, c'est-à-dire dépolarisé dans sa masse;

3° Fonctionnement de plusieurs détecteurs montés en parallèle comme si chacun d'eux était seul, malgré la multiplicité des points de contact de l'électrode active avec l'électrolyte, ce qui est contraire à la condition de sensibilité du détecteur.

Utilisation des deux ondes émises par un transmetteur à accouplement rigide en radiotélégraphie (1).

MM. W. Torikata et E. Yakoyama (2), après de nombreuses expériences, sont arrivés à cette conclusion qu'il n'y avait en pratique aucun avantage à disposer les circuits de réception de manière à utiliser les deux ondes émises par la station transmettrice.

Tout en reconnaissant l'intérêt que présentent ces vérifications expérimentales, M. Louis Cohen démontre que le résultat obtenu était à prévoir en considérant la théorie des circuits accouplés.

En effet, si pour simplifier le problème on suppose que les ondes émises ne sont pas amorties, on a pour l'antenne réceptrice et le secondaire qui lui est accouplé,

---

(1) Paul JÉGOU, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 3 février 1913, p. 385-387.

(2) *La Revue électrique*, t. XII, 15 septembre 1909, p. 189.

(1) Louis COHEN, *Electrician*, t. LXX, 15 novembre 1912, p. 230.

(2) Cf. *La Revue électrique*, t. XIX, 3 janvier 1913, p. 28-32.

les équations suivantes :

$$(1)\quad \begin{cases} \left(L_1 i\omega + R_1 + \dfrac{1}{C_1 i\omega}\right) I_1 + M i\omega I_2 = E, \\ \left(L_2 i\omega + R_2 + \dfrac{1}{C_2 i\omega}\right) I_2 + M i\omega I_1 = 0, \end{cases}$$

ceci en employant la notation imaginaire, E étant la f. é. m. induite dans l'antenne et L, R, C, M ayant leur signification habituelle.

Si les circuits sont accordés pour une seule fréquence, nous avons

$$L_1 i\omega + \frac{1}{C_1 i\omega} = 0 \quad \text{et} \quad L_2 i\omega + \frac{1}{C_2 i\omega} = 0.$$

Les équations (1) se réduisent à

$$(2)\quad \begin{cases} R_1 I_1 + M i\omega I_2 = E, \\ R_2 I_2 + M i\omega I_1 = 0, \end{cases}$$

d'où

$$I_2 = \frac{EMi\omega}{R_1 R_2 + M^2\omega^2};$$

I_2 aura sa valeur maximum pour $R_1 R_2 = M^2\omega^2$, et

$$(3)\quad I_{2\,\text{max.}} = \frac{E}{2\sqrt{R_1 R_2}}.$$

Si l'on considère maintenant le cas où les deux circuits récepteurs sont accordés simultanément pour deux fréquences, soient ω_1 et ω_2 avec

$$\omega_1 = \frac{1}{LC\left(1 + \dfrac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}\right)}$$

et

$$\omega_2 = \frac{1}{LC\left(1 - \dfrac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}\right)},$$

en portant les valeurs de ω_1 et ω_2 dans les équations (1), et résolvant par rapport à I_2, nous avons

$$(4)\quad I_2 = \frac{EM\omega}{\sqrt{R_1^2 R_2^2 + M^2\omega^2(R_1 + R_2)^2}}.$$

Si l'antenne est soumise à l'action de deux ondes dont les intensités sont proportionnelles à E_1 et E_2 et dont les fréquences sont respectivement ω_1 et ω_2, nous aurons pour le courant total dans le circuit secondaire

$$I_2 = I_2' + I_2'' = \frac{E_1 M\omega_1}{\sqrt{R_1^2 R_2^2 + M^2\omega_1^2(R_1 + R_2)^2}} + \frac{E_2 M\omega_2}{\sqrt{R_1^2 R_2^2 + M^2\omega_2^2(R_1 + R_2)^2}}.$$

Supposons que les deux ondes aient la même intensité et négligeons R_1 devant $M\omega$, l'équation ci-dessus se réduira à

$$(5)\quad I_2 = \frac{2E}{R_1 + R_2}.$$

A titre d'exemple pratique faisons $R_1 = 20$ ohms (cette résistance comprenant la résistance de radiation de l'antenne) et $R_2 = 200$ ohms, la forte résistance du circuit secondaire étant due à l'absorption d'énergie par le détecteur.

Nous avons alors pour le circuit accordé sur une seule onde

$$I_2 = \frac{E}{2\sqrt{20 \times 200}} = 0{,}008\,E.$$

Pour le système à double résonance

$$I_2 = \frac{2E}{220} = 0{,}009\,E.$$

On voit que dans les deux cas on obtient à peu près la même valeur pour le courant dans le circuit secondaire, et par suite pour l'intensité des signaux qui en dépend directement. R. B.

L'inscription des signaux hertziens de l'heure. Possibilité d'inscrire directement et de déterminer sans calcul, et au centième de seconde près, l'heure envoyée par la tour Eiffel (1).

Comme nos lecteurs ont pu le constater par la lecture de la communication faite en août dernier au Congrès de Nîmes de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, M. A. Turpain (2) est depuis longtemps parvenu, au moyen de son microampèremètre enregistreur et d'un détecteur multiple à cinq ou six éléments électrolytiques ou à cristaux montés en parallèle, à obtenir très nettement l'enregistrement des signaux hertziens de l'heure.

Ayant acquis la conviction qu'il avait atteint à peu près la limite de ce que le microampèremètre enregistreur pouvait fournir, il revint récemment à l'enregistrement photographique, qu'il avait déjà utilisé dans le même but dès mai 1910, en employant concurremment un galvanomètre à cadre et un galvanomètre à corde.

Dans une première série d'expériences, il s'est proposé d'inscrire les signaux de l'heure à $\frac{1}{4}$ de seconde près, précision qu'on ne peut espérer dépasser, le signal de l'heure présentant lui-même cette durée.

Il s'agissait d'autre part de comparer à l'heure reçue celle d'un chronomètre muni ou non d'un contact électrique (chronomètre-chronographe de Fénon). Les secondes du chronomètre sont inscrites au moyen d'un milliampèremètre enregistreur inséré dans un circuit que ferment les battements du chronomètre. L'aiguille du milliampèremètre porte à l'extrémité, au lieu de plume, une lampe électrique minuscule (lampe d'épingle de cravate, 2 volts) enserrée dans un léger fourreau d'aluminium qui relient également un fragment de tube de verre (diamètre 9 mm) jouant le rôle de lentille. La

(1) A. Turpain, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 10 février 1913, p. 454-456.

(2) A. Turpain, *Inscription graphique des signaux émis par la tour Eiffel; possibilité d'enregistrement des télégrammes sans fil* (*La Revue électrique*, t. XVIII, 13 septembre 1912, p. 211-213).

lumière se trouve ainsi concentrée sur le papier de l'inscripteur photographique qui se déroule, abrité par un cylindre opaque, à quelques millimètres de l'aiguille. Une fente laisse pénétrer le faisceau de lumière inscrivant les secondes du chronomètre. L'aiguille du milliampèremètre, munie de la source lumineuse qu'elle porte, se déplace, sans frotter, à 1 mm ou 2 mm de la fente. Parallèlement le spot lumineux du galvanomètre à cadre

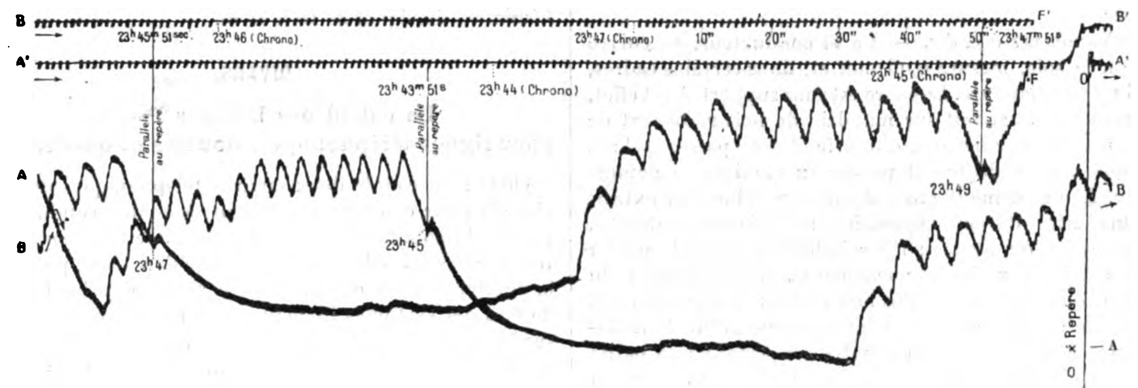


Fig. 1. — Comparaison de l'heure d'un chronomètre-chronographe Fénon aux signaux de l'heure envoyés par la Tour Eiffel. Inscriptions faites à Poitiers à 300 km de la Tour Eiffel. Le cylindre inscripteur fait un tour en 154 secondes. Tracé des signaux de l'heure OAABBF. Tracé des secondes O'A'A'B'B'F'. Un peu avant 23 h 47 m, on a brusquement déplacé le cylindre inscripteur suivant son axe pour permettre l'inscription sans confusion de trois signaux de l'heure. Entre 23 h 49 m et F s'aperçoit le début de la dépêche relative aux centièmes de seconde des tops radiotélégraphiques de 23 h 30 m. A $\frac{1}{5}$ de seconde près, le chronomètre étudié retarde de 1 m 9 s.

ou du galvanomètre à corde inscrit les signaux de l'heure, signaux avancés et tops. La figure 1 montre les inscriptions ainsi obtenues.

Dans une seconde série d'expériences, M. Turpain s'est proposé de faire servir les 180 tops radiotélégraphiques envoyés chaque nuit, vers 23 h 30 m par la tour Eiffel, avec un intervalle de 1 à $\frac{1}{50}$ de seconde, à la comparaison de l'heure du chronomètre à celle envoyée, au centième de seconde près. On photographie parallèlement les déviations produites par ces tops et les battements du chronomètre. On a ainsi, pour la détermination du temps, un véritable vernier des longueurs : que l'on compare les deux inscriptions et les coïncidences se trouveront marquées comme lorsqu'on regarde une règle divisée et la position de son vernier. Sans s'astreindre à la détermination de la coïncidence auditive, forcément fugace et qui ne laisse pas de trace, on pourrait donc appliquer la méthode précédente pour obtenir l'heure au centième de seconde.

Mais cette comparaison n'est même pas nécessaire. L'Observatoire de Paris transmet chaque nuit, après les signaux de l'heure, les heures corrigées du 1er et du 180e top, cela au centième de seconde près. Il suffit dès lors d'inscrire parallèlement le premier top et la seconde au cours de laquelle il se trouve envoyé. Si l'inscription photographique a lieu avec une vitesse assez grande (l'emploi de films de cinématographe ou de pellicules Kodak permet de défiler un décimètre à la seconde), on peut situer le top dans la seconde à 1 mm près, c'est-à-dire à $\frac{1}{100}$ de seconde près. Une vérification immédiate s'obtient d'ailleurs en inscrivant le 180e top et la seconde du chronomètre au cours de laquelle il se produit. Si l'on utilise une bande assez longue pour inscrire les 180 tops radiotélégraphiques parallèlement aux secondes du chronomètre, on a un autre contrôle en calculant, par le relevé des coïncidences inscrites graphiquement, les heures des 1er et 180e tops.

Pour égaliser à coup sûr les temps perdus on peut faire servir le même galvanomètre à corde à l'inscription et des tops radiotélégraphiques et des secondes du chronomètre. Il suffit, pour distinguer les deux sortes d'inscription, de connecter les circuits de telle sorte que les tops provoquent une déviation à gauche et les secondes une déviation à droite.

L'inscription des signaux horaires et des télégrammes hertziens à l'aide d'un appareil Morse (1).

Dans la précédente communication, M. Turpain signalait que, en vue de l'inscription des signaux hertziens, il a réalisé deux types de galvanomètres très sensibles de grand amortissement; l'un est un galvanomètre à corde, qui rappelle les dispositifs de ce genre d'Eithoven et d'Edelmann et que M. Turpain emploie pour les inscriptions photographiques dont il est question ci-dessus; l'autre est un galvanomètre à cadre qui permet de mettre en mouvement un appareil Morse ordinaire. Dans sa nouvelle communication, M. Turpain donne quelques indications succinctes concernant ces deux types d'appareils.

Galvanomètre à corde. — Le fil tendu dans un champ magnétique intense est du fil de 0,002 mm de diamètre, fil à la Wollaston qui, argenté, présente un diamètre de 0,025 mm. On le décape de l'argent sur une longueur

(1) Albert TURPAIN, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 24 février 1913, p. 615-617.



de 4 cm à 5 cm environ. Le fil est tendu dans le champ magnétique d'un puissant électro-aimant Weiss, muni de pièces polaires coniques qui, rapprochées à 1 mm, réalisent un champ de 32 000 gauss. Le galvanomètre décèle un courant de 5×10^{-12} ampère, soit $\frac{1}{200\,000}$ de microampère.

Galvanomètre à cadre. — Le fil conducteur, en cuivre isolé à la soie, mesure 0,05 mm et, dans certains cadres, 0,03 mm de diamètre. Le cadre est sans support. A cet effet, l'enroulement est fait sur mandrin de bois recouvert de papier et en dernier lieu d'une feuille de papier pelure. Chaque couche de fil est passée au vernis à la gomme laque. L'enroulement muni du papier pelure est extrait du mandrin. Par une opération minutieuse on décolle, au moyen d'un pinceau léger imbibé d'alcool, le papier pelure qui est retiré par fragments. L'enroulement du fil, 0,05 ou 0,03 mm, est dès lors aggloméré sans support. On frette chaque coin du cadre au moyen d'un fil d'aluminium de 0,05 mm de diamètre présentant une petite boucle qui permettra la suspension bifilaire du cadre au moyen de fil de cocon de soie. Le cadre est muni, sur un de ses côtés, d'un miroir d'oscillographe (2 mm sur 1 mm). Les deux coins supérieurs reçoivent deux index en mince fil d'aluminium. L'un des index, de 5 cm de longueur, muni d'un fil de cuivre de 0,03 mm de diamètre enroulé en spirale, permet de réaliser un contact de relais, à la vérité un peu précaire. L'autre index, de 1 cm seulement de longueur, agit par un fil de cocon sur un très léger levier d'aluminium, très mobile et qui accroît dans la proportion de 1 à 10 les déplacements du cadre. Ce dispositif de relais est bien constant. Ce levier d'aluminium agit, par ses déplacements, sur un relais très sensible (relais Claude ou relais Ducousso sensibles à des courants de 50 microampères). Ce dernier relais permet d'actionner un morse ordinaire. On peut donc, grâce à l'équipage du cadre et par une cascade de deux relais de sensibilités décroissantes, mettre en œuvre, par les signaux hertziens, un appareil Morse ordinaire.

Les galvanomètres à cadre réalisés par M. Turpain présentent une sensibilité de l'ordre de 5×10^{-3} microampère. Les équipages, tout frétés de leurs boucles de fil d'aluminium, de leurs index et du miroir qui permet de les utiliser à l'inscription photographique, pèsent de 1,5 à 2,3 g. Les cadres mesurent 72 mm sur 11 mm (dimensions intérieures). Ils ont une épaisseur de 2,5 ou 5 mm. En fil de 0,03 mm, on peut accumuler 400 tours (20 couches de 20 tours) ou même 1200 tours (30 couches de 40 tours), sans donner aux côtés du cadre une épaisseur supérieure à 2 ou 3 mm. On peut, dès lors, réaliser des entrefers de 2,5 à 3,25 mm, c'est-à-dire réaliser des champs magnétiques de 20 000 à 23 000 gauss. En suspendant le cadre par un bifilaire en cocon de 17 cm de hauteur, tiré à 4 mm du cadre par deux haubans horizontaux en fil de cocon, on règle aisément le couple de torsion et l'on réalise un amortissement qui permet de suivre la transmission par signaux Morse.

Au moyen de ces galvanomètres et de cette méthode d'une cascade de deux relais de sensibilités décroissantes, M. Turpain poursuit la réalisation de dispositifs pratiques qui permettent de remettre automatiquement à l'heure une pendule donnée au moyen d'un seul des signaux horaires de la tour Eiffel. Les organes de la pendule déterminent automatiquement la mise en relation des dispositifs avec l'antenne seulement au moment de l'émission du signal de 10 h 45 m.

DIVERS.

Le calcul des bobines Pupin pour lignes téléphoniques doubles et quadruples.

Quand on couple deux circuits téléphoniques doubles séparés pour constituer un circuit à quatre conducteurs tel que la communication sur celui-ci se fasse en même temps que sur les deux autres, et que l'on désire pupiniser le combiné et les combinants, il arrive que les bobines de l'un des systèmes introduisent un fort amortissement sur les autres lignes; il n'y a donc pas à proprement parler de pupinisation. On peut seulement amener les lignes doubles et la ligne quadruple à avoir le même coefficient d'amortissement, ou faire par exemple que cette dernière ligne ait un affaiblissement moindre, par un choix convenable des bobines. Le calcul de ces bobines est développé, par M. F. Lüschen, dans un article que publie l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 9 janvier, p. 31-33. L'auteur fait une application des formules trouvées à des lignes constituées par des conducteurs de 2 mm et 3 mm de diamètre. Ajoutons qu'il réprouve les dénominations de lignes artificielles, circuits fantômes, circuits combinés pour désigner ces installations.

Perturbations engendrées sur les lignes téléphoniques par les installations à courants triphasées connectées en étoile.

M. O. Brauns publie dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 30 janvier, 6 et 7 février 1913, p. 116-120, 142-146, 175-178, un long article sur ce sujet. Les conclusions de cet article conduisent à admettre que les réseaux triphasés (côté basse ou haute tension) suscitent dans les réseaux téléphoniques voisins des perturbations soit par influence, soit par induction. Ce sont les harmoniques supérieurs de la tension et du courant des conducteurs triphasés qui sont les grands fauteurs de troubles, bien plus que l'onde fondamentale. Pour un montage en étoile avec neutre à la terre, ce sont les harmoniques d'ordre 3 qui sont les plus à redouter. Les phénomènes d'induction qui en résultent sont encore souvent renforcés par des courants de circulation prenant naissance dans le sol. La première partie est consacrée aux développements théoriques, c'est-à-dire à l'établissement des formules donnant les courants et les tensions d'induction; dans la deuxième partie on trouvera les résultats de mesures et la reproduction de nombreux oscillogrammes relevés sur le réseau téléphonique au voisinage de la ligne à haute tension de l'usine génératrice d'Eberswald; il en résulte nettement que la mise à la terre du point neutre est une cause de fortes perturbations pour les communications téléphoniques.



MESURES ET ESSAIS.

APPAREILS DE MESURES.

Électrodynamomètres J. Carpentier à sensibilités et à fonctions multiples.

Les nouveaux appareils Carpentier, présentés par M. Joly sous ce titre à l'une des dernières séances de la Société internationale des Électriciens [1], sont destinés à éviter le défaut bien connu des électrodynamomètres à lecture directe de n'avoir qu'une étendue de mesures limitée faute de pouvoir faire usage de shunts aussi facilement qu'avec les appareils à courant continu.

Afin de pouvoir permettre l'usage des shunts, le wattmètre de la figure 1 a une bobine de champ (bobine fixe)

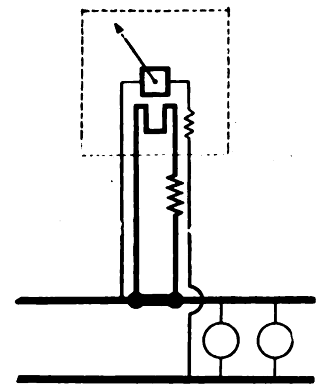


Fig. 1. — Schéma du wattmètre à shunts.

très petite et *intérieure* à la bobine mobile; grâce à ses dimensions réduites, la bobine de champ n'a qu'une self-induction très faible, $0{,}5 \times 10^{-6}$ henry et il suffit de lui ajouter une petite résistance en série, 0,016 ohm, pour que sa réactance soit à peu près négligeable, et ceci permet de la shunter sans troubler l'exactitude des mesures. Le wattmètre ainsi réalisé absorbe environ 0,1 volt dans le shunt et 0,05 ampère dans le circuit volts; pour obtenir cette dépense relativement faible, il faut, il est vrai, réduire notablement le couple directeur du cadre mobile.

Dans un autre modèle, les bobines fixes entourent la bobine mobile, comme dans la plupart des wattmètres à lecture directe, mais elles sont *amovibles* et *interchangeables*, de sorte qu'on peut disposer d'un jeu de bobines couvrant toute l'étendue des intensités à mesurer, tandis qu'à l'aide de résistances additionnelles on règle l'intensité du courant dans la bobine mobile.

La construction de ces bobines amovibles présente des difficultés particulières, car il faut à la fois obtenir la même valeur et la même *distribution* du champ, afin que la même graduation puisse servir, avec toutes les bobines, à un coefficient constant près. Tant qu'il ne s'agit que de courants peu intenses, les bobines renferment un nombre relativement élevé de spires et la concordance est assez facile à obtenir; mais pour les courants intenses,

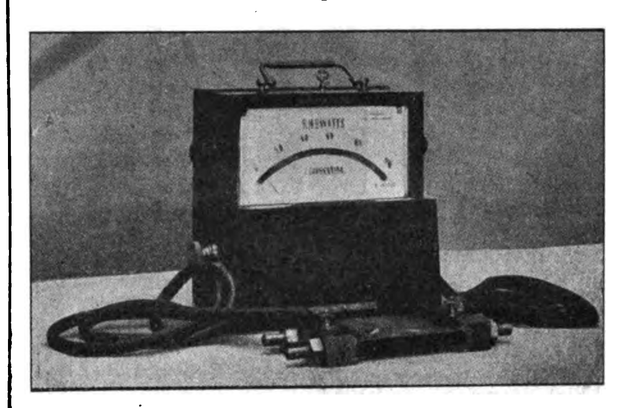


Fig. 2. — Wattmètre à shunts.

il peut n'y avoir qu'une seule spire et alors la disposition des conducteurs d'amenée du courant doit être étudiée spécialement pour ne pas troubler la distribution du champ. Grâce à une forme spéciale des prises de courant et au repérage précis de la position des bobines, les résultats obtenus sont très satisfaisants; d'ailleurs les courbes de la figure 3 montrent qu'il est possible d'écarter

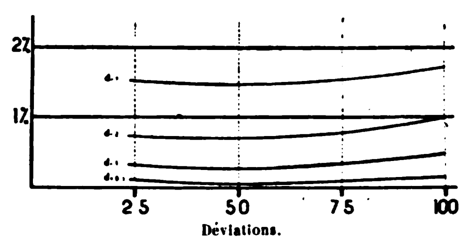


Fig. 3. — Courbes des erreurs pour différentes positions de la bobine de champ.

légèrement la bobine de champ de sa position sans introduire d'erreurs trop considérables; les courbes sont tracées pour des écarts de 0,5 mm à 3 mm, et l'on voit qu'il faut un déplacement de 2 mm pour produire une erreur de 1 pour 100.

La combinaison des deux dispositifs ci-dessus et de dispositions particulières a donné les appareils suivants :

1° *Volt-wattmètres.* — Au moyen d'une série de bobines de champ amovibles, pour des intensités de 1 à 300 ampères, et de résistances graduées pour des tensions de 75 volts et au-dessus, on réalise un wattmètre à sensibilités multiples comportant une graduation unique avec des coefficients simples propres à chaque bobine de champ

(1) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 3e série, t. II, p. 577-592.

et à chaque valeur de la résistance additionnelle. Au delà de 300 ampères, l'influence des conducteurs n'est plus négligeable, et il faut admettre une courbe de correction pour chaque bobine.

En faisant usage d'une bobine de champ à fil fin, en série avec la bobine mobile et une résistance convenable, on obtient un voltmètre électrodynamique qui, naturellement, exige une graduation spéciale. L'appareil (*fig.* 4) renferme cette double combinaison.

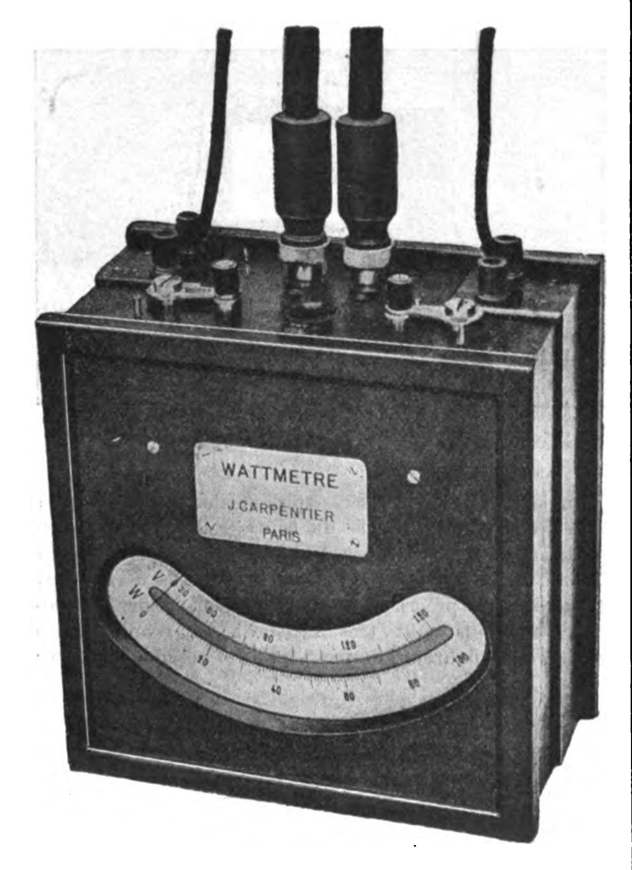


Fig. 4. — Volt-wattmètre à bobines de champ amovibles.

2° *Ampèremètres à sensibilités multiples.* — En série avec la bobine de champ amovible est disposé un shunt en manganin, de résistance appropriée à cette bobine. La bobine mobile, complétée par une résistance additionnelle non inductive en manganin, est montée en dérivation sur le shunt. L'ensemble forme un ampèremètre électrodynamique très précis si l'on consent à mettre dans le circuit dérivé une résistance suffisante pour rendre négligeables la self-induction et le coefficient de variation avec la température; cette condition exige qu'il y ait aux bornes au moins 0,5 et même 1 volt. L'appareil peut être étalonné en courant continu. Le schéma est donné par la figure 5.

Afin de réduire la dépense propre de l'ampèremètre et d'utiliser la bobine mobile en fil fin qui sert dans le wattmètre, le dispositif a été modifié par l'adjonction d'un petit transformateur annulaire dont le primaire est en dérivation sur le shunt, tandis que le secondaire est relié à la bobine mobile convenablement additionnée

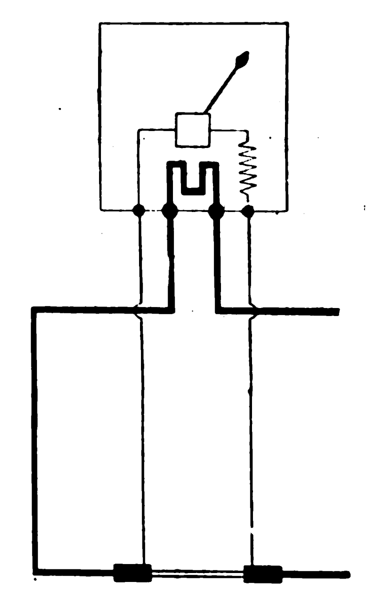


Fig 5. — Schéma de l'ampèremètre électrodynamique.

d'une résistance (*fig.* 6). Dans ces conditions, la chute de tension peut être réduite à 0,1 volt, et si l'on fait le diagramme des tensions et intensités dans le transformateur, on voit (*fig.* 7) que le courant secondaire i_2 dans la

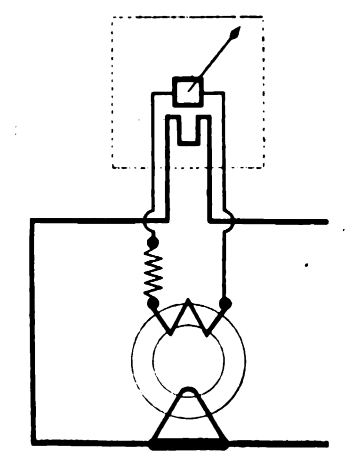


Fig. 6. — Schéma de l'ampèremètre électrodynamique à transformateur.

bobine mobile est à peu près en opposition avec la tension e_1 aux bornes du shunt, les angles étant $\theta = 89°$ et $\Psi = 55°$, à 50 périodes par seconde.

3° *Electrodynamomètres universels.* — L'appareil représenté par la figure 9 et dont la figure 8 donne le schéma permet de faire successivement les mesures de tension, intensité et puissance, d'où il est facile de déduire le facteur de puissance.

Pour la mesure des watts on utilise une des bobines de champ amovibles et la bobine mobile avec la résistance appropriée à la tension mesurée.

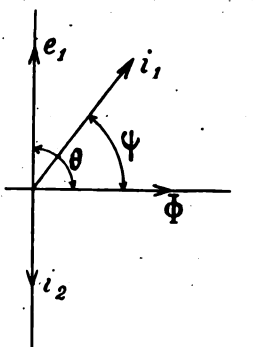


Fig. 7. — Diagramme du transformateur d'ampèremètre.

Pour la mesure des volts, un commutateur met la bobine ampères hors circuit et la remplace par une bobine de champ en fil fin placée à demeure à l'*intérieur* de la bobine mobile et en série avec elle et une résistance non inductive.

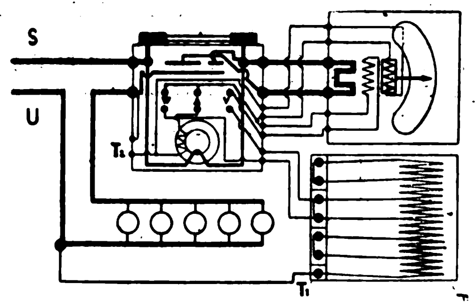


Fig. 8. — Schéma de l'électrodynamomètre universel à bobines de champ amovibles.

Enfin, pour la mesure des ampères, le commutateur rétablit dans le circuit la bobine de champ extérieure, supprime la bobine intérieure à fil fin et place la bobine mobile en connexion avec le secondaire du transformateur.

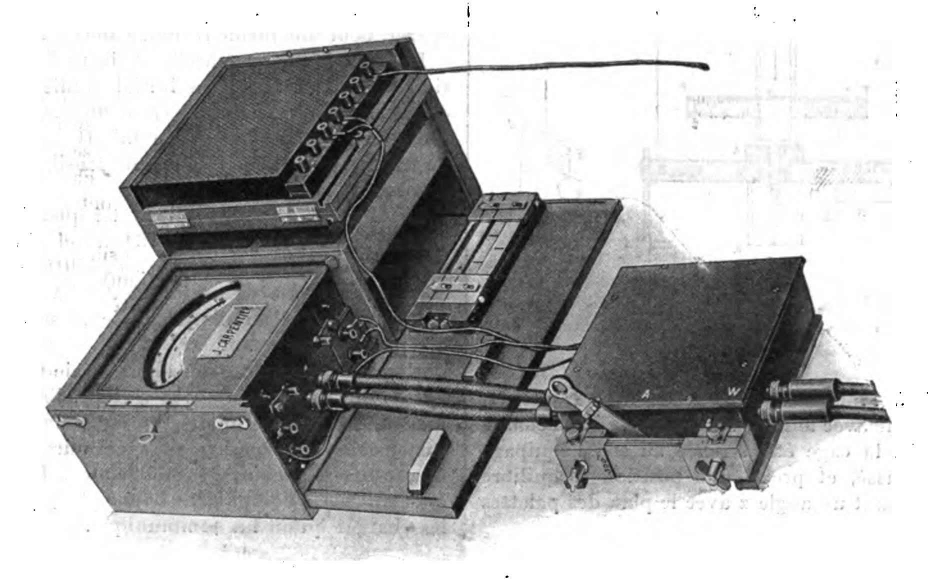


Fig. 9. — Électrodynamomètre universel.

Toutes les opérations se font par un seul mouvement du commutateur. L'appareil complet et ses accessoires occupe une boîte de 20 × 20 × 40 cm et le poids total est d'environ 17 kg.

Nouvel électromètre idiostatique [1].

L'emploi thérapeutique de plus en plus fréquent de l'émanation du radium a obligé un grand nombre de personnes, étrangères à la Physique, de faire des mesures de conductibilité gazeuse portant sur des courants de l'ordre de 10^{-12} ampère. Le seul appareil pratique, pour mesurer des courants aussi faibles en dehors d'un laboratoire, est l'électroscope à feuilles d'or dont on observe les vitesses de chute à l'aide d'un microscope. La fragilité des feuilles d'or rendent l'appareil délicat; le mode d'observation est fatiguant et donne des résultats qui cessent d'être comparables dès que le champ de visée ne correspond plus rigoureusement au même écart angulaire de la feuille d'or par rapport à la verticale. De plus, il est impossible de faire varier la sensibilité de l'appareil, et l'on est obligé d'opérer toujours entre les mêmes limites de tension.

(1) V. Crémieu, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 10 février 1913, p. 460-463.

C'est pour obvier à ces inconvénients que M. V. Crémieu a construit un électroscope de torsion qui se comporte comme un véritable électromètre.

Un équipage mobile BC (*fig.* 1) composé d'un fil d'aluminium de 0,5 mm de diamètre recourbé à ses deux extrémités est soutenu horizontalement par un fil fin, entre deux palettes fixes P. L'ensemble est isolé sur un morceau

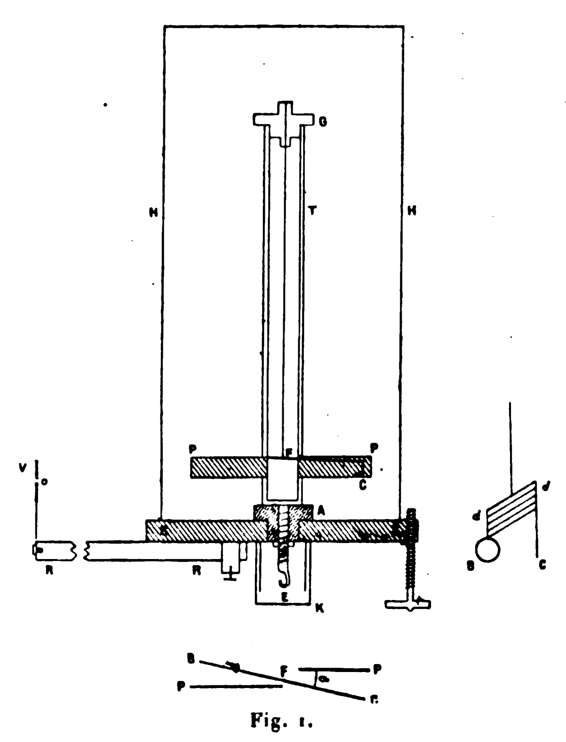


Fig. 1.

d'ambroïde A à l'intérieur d'une cage cylindrique H, dont l'axe coïncide avec le fil de suspension. Si l'on charge le système isolé, la cage étant reliée au sol, l'équipage mobile est repoussé, et prend une position d'équilibre dans un plan faisant un angle α avec le plan des palettes fixes.

L'amortissement des oscillations est obtenu en fixant sur l'équipage mobile, entre les extrémités recourbées, trois ou quatre fils métalliques *dd* très fins ($\frac{1}{50}$ mm de diamètre), dont le frottement contre l'air suffit à amortir après quatre oscillations environ.

On observe les mouvements de l'équipage par pinnule et alidade. L'une des extrémités recourbées du fil est tordue suivant un cercle B de 3 mm de diamètre, l'autre C est droite et aplatie. Une règle R de 0,80 m de longueur, fixée au bâtis de l'appareil, et munie de deux trous O à distance variable, permet l'observation des vitesses de chute de l'équipage. On note le moment où l'intersection diamétrale de l'alidade par la pinnule se produit en face du premier trou, puis en face du second. L'intervalle de temps ainsi mesuré, rapporté à un intervalle étalon obtenu avec, par exemple, un écran d'oxyde d'uranium, permet de faire toutes les mesures de conductibilité.

L'appareil est très robuste, très facile à transporter; on peut le charger sans accident à n'importe quel voltage. De plus, en donnant au fil de suspension une torsion initiale qui applique l'équipage mobile contre les palettes, on obtient toutes les sensibilités désirables et l'on peut opérer, pour une même région, à tous les voltages.

La capacité de l'appareil est de 10 C.G.S. électrostatiques, pour une torsion initiale nulle et un angle de déviation de 22°,5. Dans ces mêmes conditions, l'appareil a une vitesse de 8° par minute pour un courant de $1,4 \times 10^{-11}$ ampère et une sensibilité de 1° pour 6 volts.

L'isolement de l'appareil est tel que, dans une atmosphère normale, la chute de 8° prend plus de 5 heures. Si l'on définit alors comme sensibilité limite, celle qui correspond à une vitesse de chute dix fois plus grande, on voit que l'appareil permet de mesurer des courants de l'ordre de 10^{-14} ampère.

En plus de sa grande sensibilité et de son mode d'observation qui dispense de tout réglage, l'appareil a l'avantage d'une grande solidité et de pouvoir supporter les surtensions sans qu'il y ait à craindre ni court circuit, ni rupture de l'équipage mobile. Une fois que l'angle α a atteint 90°, l'équipage ne bouge plus, quelles que soient les charges qu'on lui communique.

Application de la cellule de sélénium à la photométrie. — M. A.-H. Pfund (*Electrician*, 6 décembre 1912, p. 337-338). établit que la cellule de sélénium employée comme photomètre donne des résultats exacts si : 1° une lumière monochromatique est employée; 2° une courbe de sensibilité a été établie avec précision; 3° l'exposition est courte et faite automatiquement. La loi de Talbot est exacte; il existe une relation, que donne l'auteur, entre l'énergie incidente et la déviation galvanométrique. Pour de faibles éclairements le maximum de sensibilité de la cellule se trouve dans le vert jaune; pour de forts éclairements il se trouve dans le rouge.

Analyseur permettant de déterminer la couleur dominante d'une source de lumière (Hubl, *E. u. M.*, 22 décembre 1912, p. 1071). — Le dispositif comprend une première bande mince colorée avec un mélange de 0,7 g de bleu et 0,9 g de jaune purs, tels qu'on les fabrique à Höchst-sur-le-Mein, et une deuxième bande peinte avec un mélange de noir de fumée et de blanc. Les deux bandes paraissent également grises quand on les éclaire avec de la lumière blanche; mais si une radiation prédomine, la bande n° 1 prend la couleur de cette radiation qui est, par contre, sans action sur la bande n° 2.

Planimètre à compensation de Amsler (*Technique moderne*, 15 novembre 1912, p. 376-377). — Le planimètre polaire imaginé en 1854 par Jacob Amsler, alors professeur au Lycée de Schaffouse (Suisse), est encore aujourd'hui l'appareil de planimétrie le plus précis. Depuis sa création il n'a subi d'autre perfectionnement de principe que celui de la « compensation » qui permet d'éliminer automatiquement les erreurs dues à une construction insuffisamment précise. L'article expose en quoi consiste cette compensation il donne en outre quelques indications générales sur le planimétrage des tracés d'indicateurs de machines à vapeur pour la détermination de la puissance de ces machines.

LÉGISLATION, JURISPRUDENCE, ETC.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Décret fixant les taxes à percevoir pour l'affranchissement des colis postaux de 5 à 10 kg à destination de la République Argentine.

Le Président de la République française,

Vu les lois des 12 et 13 avril 1892, 17 juillet 1897, 8 avril 1898 et 14 août 1907, relatives aux colis postaux;

Vu les décrets des 27 juin 1892, 5 septembre 1897, 26 décembre 1898 et 28 août 1907, concernant l'exécution desdites lois;

Vu l'arrangement conclu entre les administrations des postes de France et de la République Argentine pour l'échange des colis postaux de 5 kg à 10 kg.

Sur les rapports du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes et du Ministre des Finances,

Décrète :

Article premier. — A dater du 1er avril 1913, il pourra être échangé des colis postaux ordinaires, du poids de 5 kg à 10 kg, entre la France continentale, la Corse, l'Algérie, les agences maritimes et les bureaux français établis à l'étranger, d'une part, et la République Argentine d'autre part.

Art. 2. — Les taxes à payer pour l'affranchissement des colis postaux de 5 kg à 10 kg à destination de la République Argentine seront perçues conformément aux indications du Tableau annexé au présent décret.

Art. 3. — Le maximum de l'indemnité afférente à la perte, à la spoliation ou à l'avarie d'un colis postal de 5 kg à 10 kg est fixé à 40 fr.

Art. 4. — Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes et le Ministre des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 4 mars 1913.

R. Poincaré.

Par le Président de la République :
Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,
Jean Dupuy.

Le Ministre des Finances,
L.-L. Klotz.

(*Journal officiel* du 11 mars 1913.)

Tableau indiquant les taxes à percevoir pour l'affranchissement des colis postaux du poids de 5 à 10 kg, à destination de la République Argentine.

LIEU DE DÉPÔT.	VOIE DE TRANSMISSION.	TAXE des colis. (a)
France	Voie de Marseille ou de Bordeaux et des paquebots français	6,05
Corse et Algérie	Voie de France et des paquebots français	6,90
Agences maritimes françaises au Maroc et à Tripoli de Barbarie	Idem	7,75
Bureau franç. en Turquie	Idem	7,75
Bureau franç. en Chine.	Idem	10,05

(a) Non compris le droit de timbre de 10 centimes.

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité consultatif du Syndicat professionnel des Usines d'électricité du 3 février 1913.

Présents : MM. Frénoy, président; Cochegrus, de Clarens, Doucerain, Duvaux, Hussenot, Philippart, Sirey; Fontaine, secrétaire général.

L'espèce suivante est communiquée au Comité :

Tribunal civil. — Nice, 4 décembre 1912 : Bolestu, Syndicat professionnel, statuts, exclusion d'un membre, irrégularité, intervention des tribunaux, pouvoirs (*La Loi*, 30 janvier 1913).

Interprétation de Cahier des charges. — La ville de X... demande si elle peut mettre la Compagnie du Gaz qui l'éclaire en demeure d'établir la lumière électrique et quel délai elle doit accorder. Le contrat du gaz est ainsi conçu : « Si une découverte se produit dans la fabrication du gaz ou dans l'éclairage par une substance ou procédé qui est de nature à apporter une modification très importante et à présenter une économie de x pour 100 au moins dans le prix de l'éclairage, le concessionnaire devra s'approprier le nouveau système et le pratiquer pendant le cours de sa concession, à la condition de procurer à la ville et aux particuliers des avantages égaux « à ceux qui seraient reconnus devoir résulter de la découverte. Les avantages seraient déterminés par une expertise .... ».

Le Comité consultatif répond qu'avant de mettre la Compagnie du Gaz en demeure d'installer l'éclairage électrique, il faut au préalable établir suivant le contrat, c'est-à-dire par expertise que les avantages prévus peuvent être réalisés.

C'est seulement au cas où cette expertise amiable permettrait à la ville de prétendre à une économie de x pour 100 dans le prix de l'éclairage d'après le prix de revient de l'électricité, que la Compagnie du Gaz pourra être mise en demeure d'établir la lumière électrique. Si elle y consent, il y aura lieu, alors, d'établir, d'accord avec elle un Cahier des charges qui lui accorde une rémunération normale. Ces deux points : constatation de l'économie et, ensuite, établissement d'un Cahier des charges pourront donner lieu à des contestations judiciaires.

Le Comité précise que, pour évaluer l'économie qui peut résulter de l'emploi de l'électricité, on se base sur le prix de revient de l'électricité et non pas sur le prix qui serait offert à la ville par un électricien. Pour se baser sur le prix offert par l'électricien, il faut que le contrat ne vise que l'économie pour la ville (Figeac, 1er février 1907). Sans indication précise en ce sens dans le contrat, on se base toujours sur le prix de revient de l'électricité pour examiner s'il y aurait économie pour la ville à adopter ce mode d'éclairage (Marle, 1er février 1907).

Dans tous les cas, la ville ne peut pas porter immédiatement la question devant les tribunaux; il faut, d'abord, faire procéder à l'expertise pour déterminer s'il y a économie. Si la Compagnie du Gaz refuse l'expertise, le Conseil de Préfecture pourra l'ordonner dans les formes de la loi du 22 juillet 1889 (V. Rivesaltes, 17 février 1911).

En ce qui concerne le délai de mise en demeure pour la désignation de l'expert, la ville doit accorder à la Compagnie du Gaz un délai normal, 8 ou 15 jours.

La ville indique que le traité de la Compagnie du Gaz comporte le privilège exclusif du sous-sol des rues et demande si l'obligation imposée au concessionnaire du gaz de pratiquer la découverte nouvelle présentant une économie de x pour 100 dans le prix de l'éclai-

rage s'applique aux moyens souterrains seuls ou aux moyens aériens également.

Le Comité consultatif répond que le privilège d'éclairage n'est pas limité à la concession d'une installation souterraine, laquelle n'était visée que parce qu'il s'agissait d'éclairage au gaz. Le système nouveau d'électricité doit être appliqué suivant les conditions qui sont propres à l'électricité.

Application de la loi du 15 juin 1906. — Une station électrique du Sud-Est indique que sa concession d'éclairage électrique antérieure à 1906 lui a été renouvelée par décret de 1909 : appelée à modifier le système de distribution, elle a adressé une demande pour obtenir l'autorisation de l'établissement d'un réseau à haute tension. Elle n'a pu se servir de ses appuis parce que la ligne suivait, en certains points, à moins de 3 m, le tramway. La consultante demande si elle n'était pas la première occupante, le tramway ayant été construit plus récemment, et si les frais de son installation pour changer de parcours ne doivent pas être supportés par le tramway.

Le Comité consultatif répond que cette question d'antériorité ne se pose pas ici : la ligne de tramway ayant été installée et ayant fonctionné avant l'installation de sa ligne nouvelle, dans tous les cas, c'est le tramway qui serait le premier occupant. Il faut tenir compte de ce qu'il s'agit d'une installation nouvelle sous le régime de la loi de 1906 et que, d'autre part, ce n'est pas un déplacement imposé au concessionnaire d'électricité à l'occasion de l'exécution du tramway, mais une réinstallation de la ligne par suite du renouvellement de concession.

La consultante ne peut donc pas réclamer au tramway les frais de son installation; si elle estime que les exigences du Contrôle ne sont pas fondées, elle peut faire recours au Ministre des Travaux publics pour demander l'avis du Comité permanent d'électricité.

Cession de concession. — Une Société adhérente expose que le cahier des charges d'une concession électrique contient la clause suivante : « Le concessionnaire aura en tout temps le droit de céder sa concession à une Société ou à des particuliers avec l'agrément de la Municipalité. » Elle demande : 1° si la commune peut refuser d'agréer une Société cessionnaire et 2° si elle peut subordonner son agrément à une aggravation des charges du concessionnaire et à une restriction des droits antérieurement concédés.

Le Comité consultatif donne l'avis suivant :

1° Du moment que la commune se réserve le droit d'agréer le cessionnaire, elle a le droit de refuser son agrément. Il y a toutefois le droit de contrôle des tribunaux en cas d'abus du droit d'agrément. Le Conseil d'État, dans un arrêt du 13 novembre 1908, commune de Troisvilles, a, en effet, résilié le contrat à raison de ce que la commune était restée 2 ans sans répondre à une demande de cession de la concession et finalement l'avait refusée sans motifs.

L'agrément de la commune est discrétionnaire et il n'y a pas de moyen de contrainte à l'égard de la commune pour l'obliger à accepter un concessionnaire; cependant, la commune est tenue de ne pas laisser sans réponse le concessionnaire pendant un trop long délai pour ne pas le gêner dans l'exercice de son droit, lequel est écrit dans le contrat; elle ne pourrait pas non plus refuser tous les cessionnaires proposés sans motifs.

2° La commune ne peut rien changer au contrat, donc elle ne peut pas expressément demander des avantages nouveaux comme prix de son agrément, mais si en fait elle les exige sans en faire une condition, son refus d'agrément sera difficilement attaquable.

Communications diverses. — M. le Secrétaire communique au Comité le numéro de septembre-octobre 1912 de la *Revue des concessions départementales et communales* qui contient divers arrêts intéressants, notamment : Conseil d'État, 12 janvier 1912, Compagnie continentale du Gaz et Gaz de Wazemmes contre ville de Lille, concession d'éclairage électrique, clause de revision quinquennale du tarif par voie d'expertise amiable, obligation de procéder à cette expertise, mais maintien du droit des parties d'en contester les résultats devant le Conseil de Préfecture; Cour d'Appel de Toulouse, 8 mai 1912, Société toulousaine du Bazacle contre P. Vol, électricité, compteur, soustraction frauduleuse, enregistrement d'une partie du courant rendu impossible; Tribunal civil de Mâcon, 27 juin 1912, Bouzereau contre Société d'éclairage des villes de Chalon-sur-Saône et Mâcon, concession d'énergie électrique, travaux de branchement et de canalisation pour installation de l'électricité chez un locataire, formule d'autorisation modifiée par le propriétaire, refus de la Compagnie, obligation de la Compagnie de souscrire aux demandes du propriétaire.

INFORMATIONS DIVERSES.

La décomposition du carbure de calcium par la chaleur. — Les chimistes qui ont eu à s'occuper du carbure de calcium soit au laboratoire, soit dans l'industrie, ont remarqué que ce corps subit, lorsqu'on le chauffe en vase clos à 800°-1000°, une transformation accompagnée d'une mise en liberté de carbone. Aux températures très élevées, mais indéterminées, obtenues dans son four électrique, Moissan (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXVI, 1898, p. 306) avait déjà observé ce phénomène, qu'il croyait vraisemblable d'attribuer à une dissociation de $Ca\,C^2$ avec départ de Ca. Plus récemment, MM. Erlwein, Warth et Beutner (*Zeits. f. Elektrochem.*, t. XVII, 1911, p. 177) ont conclu, de leurs essais, non pas à une décomposition du carbure en ses éléments, mais à une transformation en un sous-carbure, qu'ils n'ont du reste pas isolé et dont ils n'indiquent pas la composition.

MM. E. Briner et A. Kuhne ont, de nouveau, étudié la question, Dans une note présentée par M. G. Lemoine, à la séance du 24 février 1913 (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, p. 620-622) se trouvent exposées les expériences qu'ils ont exécutées. Nous n'en retiendrons que la conclusion : la transformation du carbure chauffé n'est autre qu'une décomposition pure et simple de ce corps en ses éléments.

Reste à expliquer théoriquement pourquoi le carbure de calcium se décompose en ses éléments quand il est chauffé au-dessous de sa température de formation. S'il est vrai que, comme l'a trouvé de Forcrand, en 1895 (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXX, p. 682), la chaleur de formation de $Ca\,C^2$ est négative, le phénomène s'explique aisément par la rétrogradation en ses éléments que subit tout corps endothermique lorsque la température s'abaisse. Mais, des données thermiques plus récentes montrent que la réaction de formation de $Ca\,C^2$ à partir des éléments est faiblement exothermique. Ainsi, Guntz et Basset (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXL, 1905, et *Journal de Chimie physique*, t. IV, 1906, p. 1), ont trouvé pour la tonalité thermique 13,15 calories. La décomposition constatée serait alors assimilable à la dissociation des corps exothermiques, et, à ce titre, elle doit être d'autant plus complète et plus rapide que la température s'élève davantage.

Essai des soudures pour l'aluminium. — M. O. Nicolaï, de Bonn, a imaginé un procédé de vérification des soudures pour l'aluminium qui permet de distinguer les bonnes des mauvaises. On plonge la soudure dans l'eau et si, dans les 48 heures, on constate un dégagement de bulles (qui sont des bulles d'hydrogène), on peut être certain que cet échantillon de soudure se désagrégera en moins de 14 jours sous l'eau; à l'air, il résistera un peu plus longtemps, souvent quelques mois; mais néanmoins sa destruction est infaillible et d'autant plus rapide que l'air est plus chargé d'humidité.

Ces soudures deviennent un véritable danger quand on les emploie à la réparation des ustensiles de cuisine; car elles se décomposent en écailles tranchantes qui, mélangées aux aliments, pénètrent dans l'estomac et les intestins où elles peuvent provoquer de l'appendicite. En résumé, ne jamais utiliser une soudure sans l'avoir soumise à l'épreuve décrite ci-dessus.

Tome XIX **N° 223. — 4 avril 1913.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Le **régulateur automatique Brown Boveri à action rapide**, dont une description détaillée est donnée pages 306 à 312 par M. PAUSERT, est aujourd'hui en usage dans un grand nombre d'installations de diverses puissances. Nous avons déjà eu l'occasion de le signaler dans ces colonnes à propos de l'éclairage des trains (¹).

Nous avons signalé, dans le numéro du 17 janvier dernier, combien constants étaient les résultats obtenus au Physikalisch-technischen Reichsanstalt par l'emploi du condensateur à trois plateaux pour la détermination de la constante diélectrique des corps solides; aujourd'hui nous donnons, pages 329 à 330, d'après MM. SCHERING et SCHMIDT, la description des **nouveaux condensateurs à air** utilisés dans les laboratoires de la même Institution pour la comparaison des capacités par la méthode du pont de Wheatstone à bras de proportions égaux; cette dernière condition exige qu'on ait à sa disposition un jeu de condensateurs étalons dont la capacité puisse varier dans des limites très étroites; ce problème a reçu des auteurs précités une solution éminemment élégante.

Il est fort probable que la **Méthode pour calculer l'éclairement moyen des surfaces horizontales**, proposée par Paul HÖGNER et perfectionnée par Adolf THOMÄLEN, finira par supplanter la classique formule de Lambert. C'est du moins notre conviction, et nos lecteurs s'y rallieront sans aucun doute dès qu'ils auront parcouru l'analyse que nous consacrons à ce travail pages 332 à 336. Considérons un quadrant de l'hémisphère inférieur limité par deux plans verticaux perpendiculaires entre eux et passant par la source lumineuse, et prenons pour axes des x et des y les intersections de ces plans avec la surface horizontale dont on désire déterminer l'éclairement. M. Högner mène alors deux séries de plans, passant tous par la source et faisant des angles croissant de 10° en 10° avec les plans verticaux principaux; ces plans coupent le plan horizontal suivant des droites parallèles à Ox et Oy, et finalement on réalise la décomposition du quadrant en 81 pyramides élémentaires. Le flux Φ_ω afférent à chacune d'elles pourra se calculer par la formule $\Phi_\omega = \omega I_\alpha$, si l'on connaît, d'une part, l'angle solide ω et, d'autre part, l'angle α que fait

(¹) CH. JACQUIN, *Nouveaux équipements Brown Boveri pour l'éclairage des trains* (*La Revue électrique*, t. XVI, 14 juillet 1911, p. 40-43).

la verticale passant par la lampe avec la droite joignant la lampe au milieu de la base de la pyramide élémentaire considérée. En se reportant à la courbe photométrique supposée connue, on aura l'intensité I_α suivant la direction α.

Le calcul exact de tangα ne présente aucune difficulté; tandis que, pour l'évaluation de ω, M. Högner a dû se contenter d'une méthode approchée; dans la suite, M. A. Thomälen a repris ce dernier point et établi par le calcul intégral une formule rigoureuse donnant la valeur de ω. Nous avons reproduit le tableau des valeurs de ω et tangα conformément aux résultats de ce dernier auteur, en sorte que, si l'on adopte le mode de décomposition de M. Högner, le calcul des flux se réduira à la détermination de I_α d'après la courbe photométrique de la lampe. A titre d'exemple, nous avons également indiqué comment on devait disposer les résultats des opérations successives.

On sait combien la présence d'une infime proportion d'une substance dans un corps composé peut modifier les propriétés de ce corps. Des traces d'impuretés produisent souvent des effets qui déroutent l'ingénieur dont la fonction est d'utiliser les propriétés de la matière. Dans certains cas, cette influence a pu être mise à profit pour modifier dans un sens voulu les qualités de la matière employée. C'est ainsi qu'Auer a pu réaliser des manchons à pouvoir éclairant maximum en ajoutant une faible proportion d'oxyde de cérium à l'oxyde de thorium qui forme la substance principale de la matière d'imprégnation; c'est aussi par l'addition de minimes quantités de tungstène, de nickel, de chrome que les métallurgistes peuvent aujourd'hui fournir des aciers ayant des propriétés mécaniques très diverses et fixées à l'avance.

M. Léon Guillet a pensé qu'en partant des mêmes principes on pourrait obtenir avec les alliages de cuivre des résultats aussi intéressants que ceux réalisés en sidérurgie. Il y a quelques années déjà, il a reconnu qu'en effet la substitution de l'aluminium ou du nickel à quelques centièmes du zinc ou de l'étain qui entrent dans les laitons ou les bronzes modifiait considérablement, et dans un sens pouvant être prévu, les propriétés mécaniques de ces laitons et bronzes. Dans une conférence récente, intitulée **les alliages du cuivre et leurs progrès récents**, et dont une analyse est donnée page 341 à 344, il rappelle la loi simple à laquelle il est parvenu. Comme on le verra par cette analyse, les résultats déjà acquis, par l'application de cette loi, ont un intérêt industriel très important et permettent d'espérer que l'on parviendra à produire à coup sûr des alliages de cuivre ayant des propriétés fixées à l'avance simplement par l'addition d'un faible pourcentage d'un métal convenablement choisi.

Ces résultats montrent d'ailleurs une fois de plus que des recherches d'ordre purement scientifique peuvent avoir une répercussion dans l'industrie. C'est là un point que M. L. Guillet s'attache à faire ressortir et à propos duquel il invoque l'opinion de Taine sur l'utilité pratique que présente tout accroissement de nos connaissances dans le domaine scientifique.

On trouvera dans le présent numéro la bibliographie que nous consacrons à l'excellent livre que vient de publier M. C. Le Roy sous le titre : **Calculs techniques et économiques des lignes de transport et de distribution d'énergie électrique par courants alternatifs.** Cet ouvrage mérite de retenir l'attention des électriciens dans son ensemble et pour le moment nous insistons plus spécialement sur les pages où se trouvent condensés les travaux et essais relatifs aux pertes par effluves que les ingénieurs américains se plaisent à désigner sous le nom de « pertes par effet corona ».

De toutes récentes expériences stroboscopiques de M. Peek ont mis en lumière la nature complexe de ce phénomène; si le disque stroboscopique est réglé de telle sorte qu'on aperçoive le fil à l'instant précis où la tension passe par son maximum, on observe les apparences suivantes : le fil positif a une couleur bleuâtre et la décharge qui s'en échappe s'étend assez loin vers le conducteur négatif; celui-ci paraît rouge et la décharge ne se manifeste que par un point brillant. L'œil a la sensation d'un jet à haute pression qui irait du pôle + au pôle —. Quand on élève la tension, par exemple de 72000 à 84000 volts, le phénomène reste qualitativement le même; mais la couronne empiète de plus en plus sur l'air ambiant. Quand on maintient longtemps deux fils parallèles bien lisses sous une assez haute tension pour que la couronne se produise et qu'on les analyse ensuite au stroboscope, le conducteur négatif paraît piqué d'un grand nombre de points rouges séparés par des intervalles obscurs, le conducteur positif est uniformément baigné d'une lumière bleuâtre. Sur la photographie de l'un de ces fils, prise après suppression de la haute tension, on distingue nettement des taches blanches qui correspondent exactement aux points où se formait la couronne quand ce fil était négatif. Les portions du fil comprises entre ces taches sont oxydées.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : 7, rue de Madrid, Paris (8e). — Téléph. { 549.49. 549.62.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité; Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité; Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Septième Bulletin bimensuel de 1913.

Correspondance.

La lettre suivante a été adressée par la Chambre syndicale des Forces hydrauliques à l'Union des syndicats de l'électricité. Nous attirons toute l'attention des adhérents des Syndicats sur l'importance de cette communication :

« Monsieur,

» J'ai l'honneur de vous informer qu'à la suite de l'enquête à laquelle nous avions procédé auprès des Sociétés de distribution d'énergie appartenant à notre Chambre syndicale, nous avions demandé au Sous-Secrétariat des Postes et Télégraphes, que les exploitants de distribution d'énergie électrique, abonnés au téléphone de l'État, puissent utiliser celui-ci à toute heure du jour et de la nuit, et avoir à leur disposition un moyen d'échanger des communications rapides en cas d'accident à la ligne téléphonique privée installée par eux.

» Comme vous le savez, l'abonné au téléphone de l'État, qui en fait le premier la demande, et qui dépend d'un bureau ouvert seulement à certains moments de la journée, obtient d'être directement relié pendant les heures où celui-ci est fermé, à un bureau voisin à service plus étendu : cet avantage est attribué moyennant le paiement d'une taxe mensuelle de 5fr.

» L'Administration a reconnu, à la suite de nos démarches, qu'un droit de priorité devait être institué en faveur des exploitants de distributions d'énergie électrique, ainsi qu'il résulte des paragraphes 2 et 3 de la lettre qu'elle nous a adressée et dont vous trouverez ci-joint copie.

» Chacune des usines ou des postes principaux de vos distributions, abonnés au téléphone de l'État, peuvent donc obtenir dorénavant la communication directe avec un bureau voisin à service plus étendu, en dehors des heures où le bureau dont ils dépendent normalement est ouvert, sans que cet avantage puisse leur être refusé, sous prétexte qu'un autre abonné en profite déjà. Vous aurez à acquitter la taxe mensuelle de 5 fr.

» Il conviendra d'adresser une demande en conséquence à la Direction des Postes, Télégraphes et Téléphones de votre département, en rappelant, au besoin, les termes de la lettre ci-jointe. Nous vous prions de nous aviser en cas de difficultés.

» Nous avions, en même temps, signalé à l'Administration qu'il serait intéressant d'étendre les termes de sa circulaire du 6 juillet 1912 (*voir* Circ., série spéciale, n° 132) concernant l'obligation, pour les receveurs ou gérants, d'assurer, à toute heure du jour et de la nuit, la transmission des avis qu'une autorité locale aurait à expédier à une Société de distribution assurant un service public dans la localité, pour la prévenir d'une perturbation survenue dans l'exploitation. L'Administration n'a pas cru devoir donner entière satisfaction à ce désir, et elle nous a indiqué seulement que, si ces perturbations affectaient le caractère d'un sinistre, on se trouvait dans les conditions visées par cette circulaire.

» Veuillez agréer Monsieur, l'expression de nos sentiments dévoués. » *Le Secrétaire général.* »

Sous-Secrétariat d'État des Postes et des Télégraphes — République française.

Direction de l'Exploitation téléphonique.

Correspondance téléphonique.

Paris, le 11 février 1913.

« Monsieur,

» Vous avez bien voulu appeler mon attention sur l'intérêt qu'il y aurait, pour les Sociétés de distribution d'énergie électrique à pouvoir, en tout temps, lorsqu'il en est besoin, utiliser les lignes téléphoniques appartenant à l'État, et à obtenir la transmission par priorité, à toute heure du jour et de la nuit, des avis qu'une autorité locale aurait à expédier à une Société de distribution assurant un service public dans la localité pour la prévenir d'une perturbation survenue dans l'exploitation.

» J'ai l'honneur de vous faire connaître que mon Administration, tenant compte des considérations d'intérêt général invoquées dans votre lettre, est toute disposée, en cas de compétition avec un abonné ordinaire, pour la concession d'une communication directe avec un bureau à service plus étendu, à vous accorder la préférence.

» En outre, lorsque les circuits téléphoniques à utiliser seront déjà concédés pour des communications de ce genre, l'Administration admettrait l'usage en commun de ces circuits au moyen d'un dispositif technique qui permet à deux abonnés d'utiliser un seul et même conducteur, sans que l'un quelconque de ces deux abonnés soit dérangé par les appels de l'autre ni par les appels du bureau pour cet autre abonné.

» En ce qui concerne la faculté, *pour une autorité locale*, d'obtenir la priorité pour signaler une perturbation dans



un service électrique, je dois vous faire remarquer que lorsque ces perturbations affectent le caractère de sinistre, elles rentrent dans les cas prévus par la circulaire et que, par suite, les receveurs ont l'obligation de donner suite aux demandes de secours correspondantes.

» Agréez, Monsieur, l'assurance de ma considération très distinguée.

» Pour le Sous-Secrétaire d'État
des Postes et Télégraphes,
» *Le Directeur de l'Exploitation téléphonique.* »

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue d'Édimbourg, 9.
Téléphone : 507-59.

Septième Bulletin bimensuel de 1913.

Réunion de la Chambre syndicale.

En raison des fêtes de Pâques, la séance de la Chambre syndicale, qui devait avoir lieu le 1er avril, est reportée au *mardi* 8 *avril* 1913 à 14 h 15 m.

MM. les membres de la Chambre recevront des convocations individuelles indiquant l'ordre du jour.

Convocation de la septième Section.

MM. les membres de la septième Section sont informés que la réunion mensuelle de la Section aura lieu le *vendredi* 18 *avril* à 2 h 15 m pour l'examen des affaires soumises à l'étude de la question.

M. le Président insiste auprès de ses collègues pour qu'ils assistent aussi nombreux que possible à cette réunion en raison des décisions qu'il y aurait à prendre, intéressant particulièrement la Section.

Cotisations.

Afin d'éviter des frais de recouvrement, MM. les membres adhérents du Syndicat sont priés de bien vouloir adresser leur cotisation de 1913 au Secrétariat qui leur en délivrera quittance signée du Trésorier.

Récompenses au personnel.

En vue du prochain banquet de l'Union, MM. les Membres adhérents qui auraient des candidats à présenter pour les différentes récompenses officielles, notamment *les médailles d'honneur du travail*, ainsi que pour *les médailles du Syndicat*, sont priés de se conformer strictement aux indications contenues dans la lettre circulaire qui leur a été adressée.

Nous attirons leur attention sur la nécessité absolue de nous faire parvenir les dossiers *complets et de suite*, toute demande en retard ne pouvant être suivie.

Procès-verbal de l'Assemblée générale ordinaire du 11 mars 1913.

Présidence de M. R. Legouëz.

La séance est ouverte à 15 h 30 m.

Sont présents ou votent par correspondance : MM. Alliot, André, Ansot, Armet, Bancelin, Bardon, Berne, Blanc, Bocuze, Boisserand, Bonvalot, Bordelongue, Boucherot, Boussard, Brandt, Brion, Brunswick, Burgunder, Busson, Cance, Casanova, Cellerier, Château, Chaussenot, Chéneaux, Chervy, Christofle, Conrad, Constantin, Cordier, Cotté, Courtant, Courtois, Da, Darras, David, Davin, Dethiollaz, Dinin, Doignon, Dubois, Ducommun, Dumesny, Eschwège, Espir, Foulcher, Gadot, Gardy, Getting, Grivel, Grosselin, Guillain, Guittard, E. Harlé, Heinrich, Hillairet, Huguet, Iung, Jacquemin, Jeannin, Lacaze, La Fontaine, Laloue, Larnaude, Legouëz, de la Ville Le Roulx, Lembké, Lens, Letscher, Lewis (Achille), Lorin, Lux, Mauvezin, Mège, Meng, Mertens, F. Meyer, G. Meyer, M. Meyer, Meyer-May, Michel, Ch. Mildé, C. Mildé, Minvielle, Mizery, Mondon, Moreau de la Meuse, Nazeyrollas-Neys, Pacini, Paillard, Pascal, Pétrier, Préal, Rey, Robard, Roche-Grandjean, Roullaud, Saglio, Sauvage, Schmitt, Schwarberg; Sciama, Séguin, Silva, Sosnowski, Suter, Tournaire, Tourtay, Tricoche, Trouilhet, Verrièle, Vésier, Wehrlin, Weis, Weissmann, Zetter.

Se sont excusés de ne pouvoir assister en personne à l'Assemblée : MM. Bordelongue, Chéneaux, Dinin, Jeannin, Ch. Mildé, Portevin, Séguin.

M. le Président, se reportant à l'article 20 des Statuts, fait constater que les convocations ont été faites par lettres individuelles, plus de 10 jours d'avance; qu'elles indiquent l'ordre du jour et que la réunion a lieu dans le premier trimestre.

Il dépose sur le bureau les bulletins de vote par correspondance et constate que l'Assemblée est régulièrement constituée et peut délibérer valablement.

MM. Casanova et Davin sont désignés comme scrutateurs.

M. le Président donne la parole à M. Minvielle, trésorier.

RAPPORT DU TRÉSORIER.

Messieurs,

J'ai l'honneur de vous remettre les comptes et le bilan de l'exercice 1912 qui se présentent comme suit :

Comptes de Profits et Pertes au 31 décembre 1912.

	fr
Subventions aux groupements	3 184,20
Loyer, contributions, téléphone, assurances	3 124,80
Appointements, frais de bureau et divers	8 628,19
Revue électrique, imprimés, abonnements	1 627,99
Cours Lacordaire	300 05
Amortissement mobilier	1 000
Balance	4 871,65
	22 736,88
Report du 31 décembre 1912	4 370,10
Intérêts en banque	1 032,83
Cotisations	15 323,40
Arbitrages	625,45
Publicité, divers	1 385,10
	22 736,88



BILAN.

	fr
Espèces en caisse et en banque	6 198,30
Rente française	32 208,55
Mobilier	2 195,15
Débiteurs divers	2 192,15
	42 794,15
Fonds spéciaux	34 300,00
Fonds des médailles	349,45
Créditeurs divers	3 273,05
Balance	4 871,65
	42 794,15

Sur l'invitation du Président, M. André donne lecture du Rapport des Commissaires des comptes :

RAPPORT DES COMMISSAIRES DES COMPTES.

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Vous avez bien voulu nous faire l'honneur de nous confier le mandat de procéder à l'examen des comptes du Syndicat professionnel des Industries électriques; nous avons, en conséquenec, contrôlé la concordance des pièces de comptabilité qui nous ont été soumises avec le bilan qui vous est présenté. Nous avons reconnu la bonne tenue, la régularité et la parfaite clarté des écritures.

Conformément au vote de la Chambre, le mobilier, évalué en 1911 à 3195,15 fr, a été cette année amorti d'environ un tiers, soit de 1000 fr. Malgré cette diminution d'actif, nous constatons avec satisfaction une situation excellente, puisque l'excédent de l'actif sur le passif s'élève à 4871,65 fr, chiffre supérieur à la dépréciation des titres de rente française en dépôt au Crédit Lyonnais et dont le prix d'achat figure à l'actif du bilan pour la somme de 32 208,55 fr alors qu'en réalité, au cours de 89,25 fr, du 31 décembre 1912, ces titres donneraient une différence en moins de 2458,55 fr. Si nous avions à réaliser une certaine somme à prendre sur ces titres, il y aurait certaines mesures à prendre, pour ne pas subir la perte résultant de la différence des cours.

Nous concluons, Messieurs et chers Collègues, à l'adoption des comptes de l'exercice 1912 tels qu'ils nous ont été présentés par notre dévoué Trésorier à qui nous vous proposons de voter des remercîments en même temps qu'à notre sympathique et zélé Secrétaire général; ces deux collègues de notre Chambre syndicale ont en effet fait preuve, pendant l'année écoulée, d'un dévouement inlassable dans l'accomplissement des délicates fonctions qui leur ont été dévolues et dont ils se sont tirés à leur honneur et pour le plus grand bien de notre Syndicat.

Les Commissaires des comptes,
H. ANDRÉ, C. CHATEAU.

M. le Président donne ensuite lecture de son Rapport:

MES CHERS COLLÈGUES,

Le compte rendu annuel des travaux du Syndicat, que votre Président doit statutairement présenter chaque année à l'Assemblée générale, est pour lui une occasion, dont il est toujours heureux de profiter, de faire connaître à tous les membres du Syndicat les travaux effectués dans l'année, les progrès faits et les résultats obtenus et ainsi, non seulement de renforcer chez tous la conviction qu'à notre époque l'union syndicale patronale est une nécessité, mais aussi et plus encore d'inciter ceux qui ont pu en apprécier les bénéfices à nous amener de nouvelles et nombreuses adhésions.

Avant d'aborder le compte rendu, nous avons le triste devoir de saluer ceux de nos membres qui ont disparu; nous avons perdu cette année deux des plus anciens membres du Syndicat : M. Genteur, entré en 1892, et M. Pornon, entré en 1895. Tous deux avaient été délégués par leurs collègues à la Chambre syndicale où leur absence sera douloureusement regrettée.

Un trop grand nombre de nos Collègues ont été cruellement frappés par des deuils survenus dans leurs familles. Nous n'avons pas manqué de leur adresser l'assurance de nos sentiments de bien vives condoléances et nous serons certainement votre interprète en les leur renouvelant ici au nom de tous.

Les membres du Syndicat ont été en 1912 l'objet de nombreuses distinctions que nous n'avons pas manqué de souligner par nos très vives et très sincères félicitations. Nous avons grand plaisir à les rappeler.

Dans l'ordre national de la Légion d'honneur ont été promus au grade d'officier notre collègue M. Cordier, le président du Syndicat des Forces hydrauliques et votre Président. Ont été nommés chevaliers :

MM. Bizet, Boucherot, Cahen, Charliat, Desombre, Eschwège, Guinier, Loucheur et Zetter.

La rosette d'officier de l'Instruction publique a été donnée à MM. Ch. Tournaire et Van den Berghe et les palmes d'officier d'Académie à MM. Bargoin, Blanchon, Mariller, Perret et Badon Pascal.

A été nommé chevalier du Mérite agricole: M. Beaudier.

Pour terminer cette liste de distinctions bien méritées, nous devrions féliciter notre ancien président, M. Eug. Sartiaux des décorations étrangères qui lui ont été conférées, mais nous préférons exprimer le vœu que la cravate de commandeur de la Légion d'honneur, qui est bien due à son inlassable dévouement à l'œuvre des expositions de l'industrie électrique à l'étranger, lui soit enfin accordée.

MM. Courtois, Iung, Perrin, Renaud et Sosnowski ont été nommés conseillers du commerce extérieur.

Le nombre de nos membres adhérents à titre personnel a augmenté de 25; il n'en est pas de même de celui des établissements représentés dans les diverses Sections les nouvelles adhésions ayant été compensées par quelques disparitions et surtout par la fusion d'établissements déjà inscrits.

Ce mouvement est résumé dans le tableau ci-après :

Sections.	Nouveaux adhérents.	Démission.	Perte par fusion.	Gains.	Pertes.
1re Constructeurs	1	1	1		1
2e Lampes, appareillage	5	2	2	1	
3e Câbles et fils			1		1
4e Télégraphes, téléphones	2			2	
5e Accumulateurs, piles	1	1	1		1
6e Installateurs	4	5			1
7e Ingénieurs, etc	39	14		25	

Il y a donc perte de 1 établissement et gain de 25 adhérents; le nombre des membres passe, par suite, de 390 à 414.

Il serait bien nécessaire que, dans chaque Section, un effort sérieux fût fait pour amener de nouveaux établissement adhérents et, avant tout, pour décider ceux qui ne sont représentés que par un ingénieur à la septième Section à se faire inscrire dans la Section compétente, comme établissement, et à venir prendre une part active à nos travaux. Nous signalerons tout spécialement les constructeurs d'isolateurs en verre et en porcelaine, dont la place serait à la cinquième Section et qui sont inscrits à la troisième, à la cinquième et à la septième. Cette dispersion a eu pour conséquence que cette importante industrie, où des efforts très sérieux sont faits pour la lutte contre l'envahissement des produits étrangers, n'est pas représentée à la Chambre syndicale.

De même que le groupement en Syndicat des patrons d'une même industrie constitue un besoin, le groupement des syndicats entre eux pour une action commune est une nécessité. Aussi, n'avons-nous pas manqué, depuis plusieurs années déjà, de nous affilier à plusieurs grands groupements :

Comité central des Chambres syndicales. — Le Comité central des Chambres syndicales répartit l'étude des nombreuses questions dont il poursuit l'examen entre deux grandes Commissions : la Commission des questions économiques et la Commission de législation.

Notre ancien président, M. Meyer-May, a résilié cette année la fonction de président de la première de ces Commissions, mais il a été désigné par le rôle qu'il y avait joué et aussi par son active et intelligente initiative pour la défense de nos intérêts lors de la discussion de la loi des douanes devant le Parlement, pour nous représenter au sein de la Commission permanente des douanes. Nous ne doutons pas qu'il arrive petit à petit à faire mettre plus de clarté dans la classification qui sert de base aux statistiques douanières et à faire reviser les valeurs des produits importés et exportés. Cette double amélioration nous permettra de consulter avec plus de fruit les statistiques, qui sont l'un des meilleurs moyens de nous renseigner sur les progrès de notre industrie.

Votre Président, qui collabore aux travaux de la Commission de législation, a eu le plaisir d'être nommé secrétaire du Comité central.

C'est aussi grâce à l'appui des délégués du Comité central au Comité des élections consulaires, et notamment de M. Fournier, qui présidait ce Comité, que nous avons pu conquérir un siège à la Chambre de Commerce de Paris, où notre industrie, autrefois si brillamment représentée par MM. Sautter et Sciama, n'avait pu, depuis plusieurs années, reprendre une place qui était bien due à son importance.

Union des Industries métallurgiques et minières. — L'Union des Industries métallurgiques et minières, l'une des plus puissantes organisations patronales, publie une série précieuse de documents sur toutes les questions à l'ordre du jour et les propositions de loi en discussion. La collection de ces documents constitue une véritable bibliothèque, dont le prix est inappréciable.

Union des Syndicats de l'Electricité. — Cette Union, qui est la véritable fédération de tous les syndicats qui se rattachent à l'électricité, est celle où se discutent les questions qui nous touchent de plus près.

Grâce à la haute influence de son président, M. Guillain, elle nous rend de précieux services. C'est dans son sein qu'a été organisée cette année la résistance contre deux projets de loi dont les conséquences auraient pesé lourdement sur notre industrie : celui qui visait la vérification et le poinçonnage par l'État des compteurs et celui non moins grave qui tendait à imposer le courant électrique et à soumettre à l'exercice toute l'industrie pour la fabrication des lampes et des appareils d'utilisation. La campagne, activement menée, a permis d'écarter momentanément ce double danger : si les projets étaient repris, vous pouvez être certains que vos délégués à l'Union y trouveront tout le concours nécessaire pour faire réduire au minimum les charges nouvelles qui nous menacent et la gêne dont aurait à souffrir notre industrie.

Le succès de nos efforts à ce point de vue vous est garant du soin qui a été apporté à l'étude des nombreuses autres questions qui ont fait l'objet des délibérations du Comité de l'Union.

Comité électrotechnique français. — Ce Comité étudie, d'accord avec les Comités étrangers, les questions de symbole, de terminologie, et aussi l'établissement d'instructions internationales pour la réception des machines et transformateurs.

Ce dernier programme, dont la réalisation se heurte à la défense acharnée des intérêts commerciaux de chaque nation, est particulièrement difficile à réaliser. Vos délégués ont veillé, avec un soin jaloux, à ce que le Comité français, tout en tenant compte des motifs scientifiques qui doivent être le guide suprême de ses décisions ou de ses avis, ne risque pas de bouleverser nos usages commerciaux ou de nous mettre en état d'infériorité devant la concurrence étrangère chaque jour plus acharnée à lutter contre nos efforts pour reconquérir le marché français et faire apprécier à l'étranger les produits de nos usines.

Manifestations personnelles du Syndicat. — Je ne voudrais pas allonger ce compte rendu par une énumération des très nombreuses questions étudiées, tant dans les réunions de section, qu'à la Commission de législation nouvellement créée et dans les séances de la Chambre syndicale. Je me bornerai donc aux plus importantes.

Les négociations avec l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur pour la rédaction d'un Cahier des charges unique pour toute la France fixant les conditions de réception des machines et transformateurs, qui s'étaient ralenties au moment où le Comité électrotechnique a abordé la même étude, ont été reprises, lorsque nous avons constaté que de nombreuses années pourraient encore s'écouler avant qu'une solution internationale intervienne.

Nous avons, d'accord avec le Syndicat des Constructeurs et Entrepreneurs électriciens, poursuivi les pourparlers pour la revision de la série de prix de la Société centrale des Architectes. Nous avons obtenu quelques améliorations pour l'édition qui va paraître. La question si difficile de la remise marchande qui s'y rattache n'a pu encore cette fois être complètement élucidée.

Poursuivant, d'accord avec le Syndicat des Usines et l'Union des Syndicats, l'élaboration d'instructions générales, nous avons pu arrêter les conditions de fourniture des fils et câbles pour les installations de première catégorie.

L'unification des prises de courant, si désirable quand on connaît le défaut d'interchangeabilité des innombrables modèles du commerce, est à peu près terminée, Il ne lui manque plus que l'approbation de la Commission intersyndicale et de l'Union des Syndicats de l'électricité. Nous avons aussi abordé la question si complexe et si pressante des isolateurs.

Enfin, votre Syndicat, gravement préoccupé de la hausse des matières premières et de sa conséquence sur les prix de revient, a, d'accord avec les Sections intéressées, préparé une circulaire que nos adhérents peuvent obtenir pour nn prix minime et qu'ils ont adressé à leur clientèle par milliers d'exemplaires. Il est inutile d'insister sur le poids que leur donne, dans leurs justes demandes de relèvement de prix, l'appui d'une circulaire émanant du Syndicat.

Arbitrages. — Le Tribunal de Commerce continue à nous envoyer un grand nombre d'affaires à arbitrer et nous sommes heureux de remercier ici tous ceux qui ont bien voulu se charger de ce rôle délicat. Ils y ont apporté toute leur expérience, toute leur intelligence et tout leur cœur, comme le prouve le grand nombre d'affaires conciliées. La proportion des conciliations a été de 44,1 pour 100 contre 42,7 pour 100 l'année dernière, et l'on peut entrevoir le moment où notre Syndicat conciliera une affaire sur deux.

Cours d'apprentis. — La question de l'apprentissage est plus que jamais à l'ordre du jour. Les propositions de lois nombreuses devant le Parlement vont probablement bientôt venir en discussion.

Vous en connaissez le danger et vous n'avez cessé de protester contre la création de cours, organisés par l'État, où nos apprentis iraient à nos frais, mais où, par l'obligation même de faire des cours s'appliquant à un grand nombre de professions, on ne leur apprendrait que des généralités et rien de ce qui leur serait utile pour en faire de bons ouvriers de notre profession. La nécessité de modifier les cours suivant les besoins est telle que, même pour les industries électriques, nous avons reconnu bien vite que nous serions obligés de modifier le programme des cours suivant les centres.

Des hommes énergiques se sont présentés qui ont fait ressortir jusqu'à l'évidence qu'au lieu de protestations creuses, il fallait opposer à cette méthode néfaste des faits, des cours syndicaux bien organisés et prospères. Leur succès, leur importance, leur nombre devaient ouvrir les yeux aux moins clairvoyants et leur faire comprendre que le plus sage pour eux était non seulement d'encourager les cours existants, mais de les prendre comme types et de donner par la loi aux syndicats patronaux la charge et les moyens de direction pour achever une œuvre si bien commencée par eux.

Bien peu nombreux étaient au début, à Paris, les syndicats qui avaient réussi à ouvrir des cours, quand, il y a 3 ans bientôt, nous avons inauguré notre cours de la rue Lacordaire. M. Jully, l'inspecteur principal de l'enseignement professionnel de la ville de Paris, qui a été le conseiller infatigable, l'auxiliaire dévoué de cette œuvre syndicale, pouvait, il y a quelques jours, annoncer avec fierté que huit syndicats patronaux ouvraient à Paris des cours d'apprentis. Le bon exemple est contagieux.

Quant à nous, fidèles à notre double conviction que la création de cours d'apprentis était un de nos devoirs les plus impérieux et qu'il fallait sans cesse en varier la formule, nous avons, à côté de notre cours de la rue Lacordaire, suivi avec succès par des apprentis de deuxième et de troisième année, ouvert rue Blomet, un nouveau cours dont le programme est différent, pour les apprentis de première année.

Nous devons remercier M. Jully, la Commission qui nous a autorisés à puiser les ressources nécessaires dans les fonds du Bureau de contrôle, les patrons qui nous ont fait confiance, participent aux dépenses et nous envoient leurs apprentis. Nous comptons sur leur concours dans l'avenir comme dans le passé et nous y ferons prochainement appel pour ouvrir un cours sur la rive droite, probablement à l'école de l'avenue Parmentier, dans un quartier où se trouvent groupés beaucoup de nos adhérents.

Services du Secrétariat. — Le Secrétariat de notre Syndicat, qui doit être et qui est largement ouvert à tous nos adhérents, a eu cette année la bonne fortune de leur rendre de nombreux services.

Il a eu l'occasion de fournir des affiches et règlements, de nombreux renseignements sur l'application des lois relatives aux retraites ouvrières et aux accidents du travail, sur la loi de 1906 réglementant la distribution de l'énergie électrique, les questions de douanes et de patente, etc. Mais si nombreux que soient ceux de nos adhérents qui prennent l'habitude de venir au Syndicat se documenter, ils le seront toujours trop peu à notre gré.

Il en est de même pour le service de placement. Quoique l'on oublie trop souvent de nous faire connaître la suite donnée à nos renseignements et que nous constations parfois que satisfaction a été obtenue par notre intermédiaire, sans que nous ayons été informés, nous donnerons les résultats certainement inférieurs à la vérité, mais cependant bien encourageants : sur 96 offres d'emplois, 23 ont eu satisfaction, et sur 225 demandes, 37 ont été accueillies favorablement.

Budget. — Nous voudrions développer ces services et leur donner plus d'ampleur; malheureusement, nous équilibrons difficilement notre budget, aussi croyons-nous que le moment est venu d'augmenter nos ressources; nous avons, en conséquence, cru devoir consulter l'Assemblée générale et lui demander l'autorisation de reviser les cotisations. Si tel est son avis, il y aura lieu, la cotisation personnelle étant presque impossible à modifier, de recourir à d'autres mesures plus faciles à réaliser, telle que l'augmentation du taux par ouvrier qui pourrait être par exemple dégressif, mais sans maximum.

Il serait désirable également de ramener dans les sections techniques le plus de compétences possibles, en autorisant les établissements à avoir autant de délégués par Section qu'ils ont de voix aux termes des Statuts, en autorisant également ceux de leurs ingénieurs inscrits à la septième Section, à siéger avec voix consultative dans les Sections.

L'expérience de mes deux années de présidence me conduit à vous recommander ces diverses mesures, et j'espère que celui qui va prendre dans quelques jours la

présidence en comprendra l'importance et voudra bien les mettre à l'étude.

Je ne veux pas terminer ce compte rendu sans remercier tous ceux qui m'ont aidé dans une tâche parfois lourde, les membres du Bureau et de la Chambre syndicale, les Bureaux de Sections, nos dévoués Conseils judiciaires et spécialement M. Gaston Meyer, et enfin notre Trésorier et notre Secrétaire général.

Grâce à vos suffrages, je vais avoir à nouveau à défendre vos intérêts à la Chambre de Commerce; je sens tout le poids et la responsabilité de cette nouvelle charge. Je m'en acquitterai de mon mieux, mais je suis intimement convaincu que je ne pourrai y réussir qu'en ayant constamment recours à vous pour me renseigner sur vos besoins et sur vos desiderata, pour me documenter sur les conséquences qu'auraient les projets en discussion pour votre industrie; je resterai donc aussi assidu que possible à vos séances et vous demanderai instamment de ne pas hésiter à recourir à mon intermédiaire, toutes les fois que vous penserez qu'il peut vous être de quelque utilité.

Personne ne demandant la parole sur les questions soumises à l'Assemblée générale ordinaire, M. le Président met successivement aux voix les résolutions suivantes, après avoir rappelé que, conformément à l'article 20 des Statuts, les décisions doivent être prises à la majorité relative des membres présents ou représentés par leur bulletin de vote.

Première résolution.

L'Assemblée générale approuve les comptes de l'exercice écoulé et le bilan au 31 décembre 1912 :

Nombre de votants	118
Majorité absolue	60
Pour l'adoption	118

L'Assemblée générale a adopté à l'unanimité.

Deuxième résolution.

L'Assemblée générale maintient, pour l'année 1914, la base de la subvention proportionnelle au chiffre adopté, pour les années précédentes, avec le même maximum et le même minimum, mais convaincue que les cotisations actuelles deviennent insuffisantes pour assurer le développement normal du Syndicat, invite la Chambre à en étudier la revision dans le plus bref délai :

Nombre de votants	118
Majorité absolue	60
Pour l'adoption	109
Contre	6
Abstention	3

L'Assemblée générale a adopté.

Troisième résolution.

L'Assemblée générale vérifie les résultats des élections faites par les Sections pour le renouvellement partiel de la Chambre syndicale prévu par l'article 11 des Statuts, résultats d'après lesquels sont élus ou réélus membres de la Chambre syndicale :

MM.

BOUCHEROT, ROCHE-GRANDJEAN, SCHWARBERG, WITZIG, désignés par la première Section;

LENS, ROUTIN, désignés par la deuxième Section;

GROSSELIN, LEWIS, TOURTAY, désignés par la troisième Section;

BORDELONGUE, DE LA TOUANNE, désignés par la quatrième Section;

DE LA VILLE LE ROULX, LECLANCHÉ, désignés par la cinquième Section;

CANCE (Alexis), SCHMITT (Charles), désignés par la sixième Section;

BANCELIN, G. MEYER, désignés par la septième Section.

Bibliographie.

MM. les Membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général:

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les Annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° *Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans les immeubles et leurs dépendances;*

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;

7° Le Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 200 volts;

8° La brochure sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

9° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat professionnel des industries électriques (édition de 1907);

10° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Annuaire* de 1912, p. 104);

11° L'affiche « Conseils pour éviter la tuberculose »;

12° Affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

13° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et les principaux décrets, arrêtés, circulaires relatifs à l'application de cette loi (par brochures séparées);

14° *Arrêté technique du* 21 *mars* 1911, en application de la loi du 15 juin 1906;

15° Imprimés préparés pour *demandes de concession* de distribution d'énergie électrique (conformes au Cahier des charges type);

16° États de renseignements à fournir à l'appui d'une demande annexe n° 3 à la circulaire ministérielle du 25 octobre 1908;

17° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris;

18° Renseignements relatifs à l'application de la loi du 5 avril 1901 sur les retraites ouvrières et paysannes;

19° Renseignements relatifs au fonctionnement de la Caisse syndicale de retraites des forges, de la construction mécanique, des industries électriques et de celles qui s'y rattachent.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : **225-92.**

SEPTIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1913.



Liste des nouveaux adhérents depuis le 15 mars 1913.

Membres correspondants.

MM.

Biwer (Henri), ingénieur, 66, avenue d'Italie, Paris, présenté par MM. Menut et Fontaine.

Miquel (Raoul), ingénieur électricien, 3, rue Ravon, Bourg-la-Reine (Seine), présenté par MM. Menut et Fontaine.

Bibliographie.

1° Collection complète des Bulletins de 1896 à 1907;

2° Loi du 9 avril 1898, modifiée par les lois des 22 mars 1902 et 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail;

3° Décrets portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 9 avril 1898;

4° Circulaire ministérielle du 24 mai 1911, relative aux secours à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs d'énergie électrique (affiche destinée à être apposée exclusivement à l'intérieur des usines et dans leurs dépendances);

5° Circulaire analogue à la précédente (affiche destinée à être apposée à l'extérieur des usines, à la porte des mairies, à l'intérieur des écoles et dans le voisinage des lignes à haute tension);

6° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray;

7° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs;

8° Rapport de la Commission des compteurs, présenté au nom de cette Commission par M. Rocher au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903;

9° Rapport de la Commission des compteurs relatif aux réponses des constructeurs de compteurs aux *desiderata* qui leur ont été soumis par la Commission;

10° Modèle type de bulletin de commande de compteurs;

11° Décret sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques;

12° Loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie, et les principaux décrets, arrêts et circulaires pour l'application de cette loi;

13° Modèle de police d'abonnement.

14° Calculs à fournir dans l'état de renseignements joint à une demande de traversée de voie ferrée par une canalisation électrique aérienne;

15° Guide juridique et administratif des entrepreneurs de distributions d'énergie électrique pour l'application de la loi du 15 juin 1906 et de ses annexes, par Ch. Sirey;

16° Instructions générales pour la fourniture et la réception des machines;

17° Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 2000 volts;

18° Communication de M. Zetter sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

19° Cahier des charges type pour le cas de concession par communes;

20° Instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques de la première catégorie dans les immeubles et leurs dépendances;

21° Instructions sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques (Arrêté de M. le Ministre du Travail du 19 août 1912).

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations, comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Chronique financière et commerciale.— Nouvelles Sociétés, p. XLIII. — Demandes d'emplois, p. XLV. — Premières nouvelles sur les installations projetées, p. XLIX.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

RÉGULATION DES GÉNÉRATRICES.

Régulateur automatique Brown-Boveri à action rapide.

Le régulateur automatique Brown-Boveri à action rapide agit directement sur le courant d'excitation en réglant la tension aux bornes de l'excitatrice correspondante. Il se compose d'un relais de tension astatique puissant, muni d'un équipage mobile léger dont les oscillations sont transmises à des secteurs de contact. Ces secteurs se déplacent sans glissement, en roulant sur les plots des résistances de réglage, ce qui supprime de façon presque absolue tout frottement. Les masses en mouvement sont réduites au minimum et la liaison entre les différents organes de réglage, ainsi que le montage du dispositif destiné à amortir les mouvements pendulaires, ne sont pas faits d'une façon rigide, mais avec interposition de ressorts; on obtient ainsi un réglage presque instantané.

Description du régulateur a action rapide pour courant alternatif. — Ce régulateur, dont la figure 1 représente l'ensemble, se compose, en principe, d'un induit

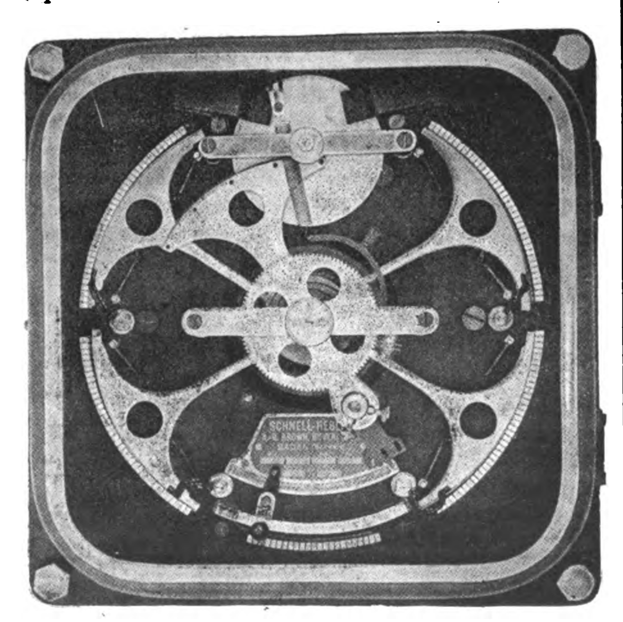


Fig. 1. — Vue d'ensemble du régulateur pour courant alternatif.

cylindrique *c* (*fig.* 2 et 3), supporté par des tourillons à pointes et pouvant tourner dans le champ magnétique d'un enroulement monophasé. Le couple électromagnétique ainsi créé, dont la valeur dépend à chaque instant de celle de la tension, est équilibré par le couple mécanique d'un jeu de ressorts. Ce couple mécanique est maintenu constant au moyen du ressort auxiliaire *n*, dont l'action compense la tension du ressort spirale *f* qui croît avec l'angle de torsion. Pour réduire la masse de l'induit cylindrique au minimum, afin que l'inertie et les frottements

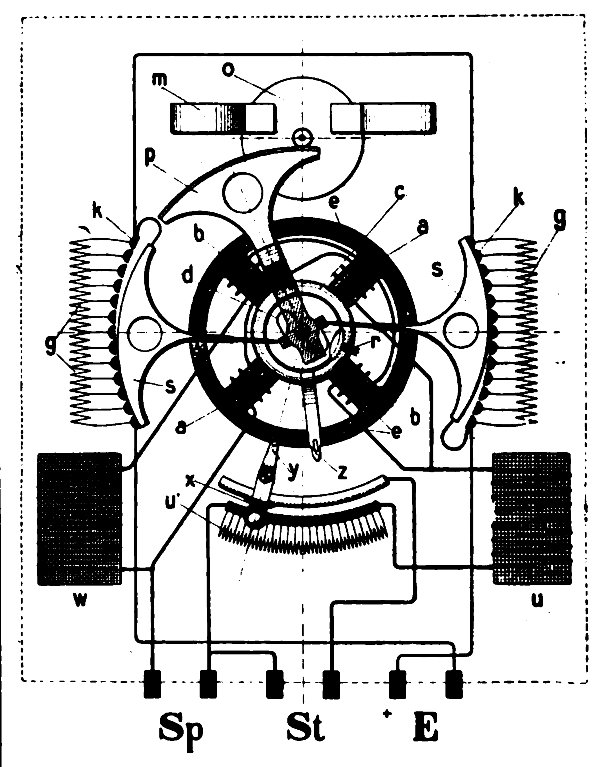


Fig. 2. — Schéma du régulateur pour courant alternatif.

soient aussi faibles que possible, cet induit est en aluminium. Les mouvements de l'induit *c* peuvent de la sorte suivre très rapidement toutes les variations de tension et le réglage est presque instantané.

Pour éviter les mouvements pendulaires, on a prévu un dispositif d'amortissement qui se compose d'un disque en aluminium *o* tournant entre les aimants permanents *m*. Les courants de Foucault qui prennent naissance dans ce disque amortissent les mouvements pendulaires. La liaison mécanique entre l'induit *c* et le système d'amortissement est faite par engrenage. Le ressort *q*, entre le secteur d'amortissement *p* et l'induit *c*, ressort qui permet d'obtenir la régulation rapide, est détendu lorsque le système est en équilibre; il se tend lorsqu'il se produit une modification d'équilibre dans un sens ou dans l'autre, et le système d'amortissement suit son mouvement. Le ressort *q* n'est donc tendu que lorsqu'il y a des différences de tension et l'induit *c* peut ainsi agir presque

instantanément avant que le système d'amortissement lui-même n'entre en action. Le ressort *q* cherche constamment à ramener l'induit et le disque amortisseur *p* à la position initiale, correspondant à la tension normale et à l'état d'équilibre de tout le système.

Les oscillations de l'induit *c* provoquées par les variations de tension sont transmises aux secteurs de contact *s*

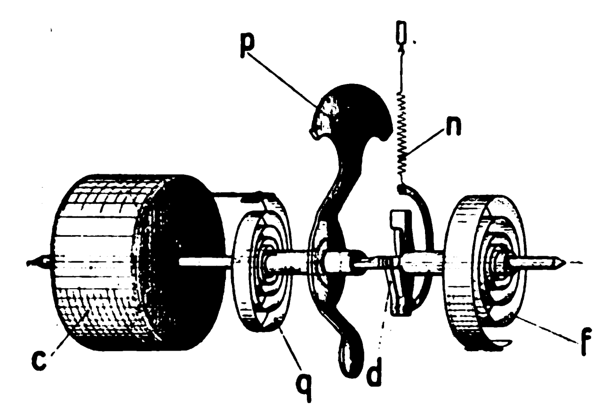


Fig. 3. — Détails de l'équipage mobile.

qui se déplacent en roulant sur les plots *k* et mettent ainsi les résistances en circuit ou hors circuit. Les plots des résistances sont disposés en cercle tout autour de l'axe de l'induit. Ils sont argentés, pour éviter toute oxydation. Dans le modèle de régulateur que montre la figure 1, il y a quatre secteurs de contact; dans un modèle plus petit (auquel correspond le schéma de la figure 2), il n'y a que deux secteurs.

Pour réduire dans la mesure du possible les frottements des parties mobiles et éviter ainsi une diminution dans la sensibilité de l'appareil, les secteurs de contact sont disposés de façon que les ressorts *d* supportant les tourillons à pointe de ces secteurs se contre-balancent.

Pour modifier la valeur de la tension à régler, il suffit de tourner le barillet à l'aide de la vis hélicoïdale *r*.

Les résistances en rhéotan *u* et *u'* (*fig.* 2) sont intercalées dans le circuit pour remédier à l'influence qu'exceraient sur le régulateur les variations de température et les variations de fréquence. Les plots de subdivision de la résistance *u'* sont reliés par un contact mobile *x* aux bornes S *t* du transformateur d'intensité.

En déplaçant ce contact, on peut faire varier de 0 à 15 pour 100 l'influence de la charge sur la tension réglée. Le contact *x* porte une goupille *y* qui peut être accrochée à l'index *z*, pour arrêter, dans une certaine position, l'ensemble du système mobile.

Les secteurs de contact du régulateur se déplaçant, pour une faible déviation de l'induit, sur un grand nombre de plots, les résistances se trouvent mises rapidement en circuit ou hors circuit, sans qu'il y ait interruption de courant. Il en résulte pour le réglage une grande précision et une grande sensibilité, ainsi qu'un fonctionnement sans production d'étincelles.

Description du régulateur a action rapide pour courant continu. — Le régulateur à action rapide pour courant continu est constitué, dans ses parties principales, comme le régulateur pour courant alternatif. L'induit *c* est cependant remplacé par une bobine *h* (*fig.* 4 et 5) qui se déplace dans le champ magnétique

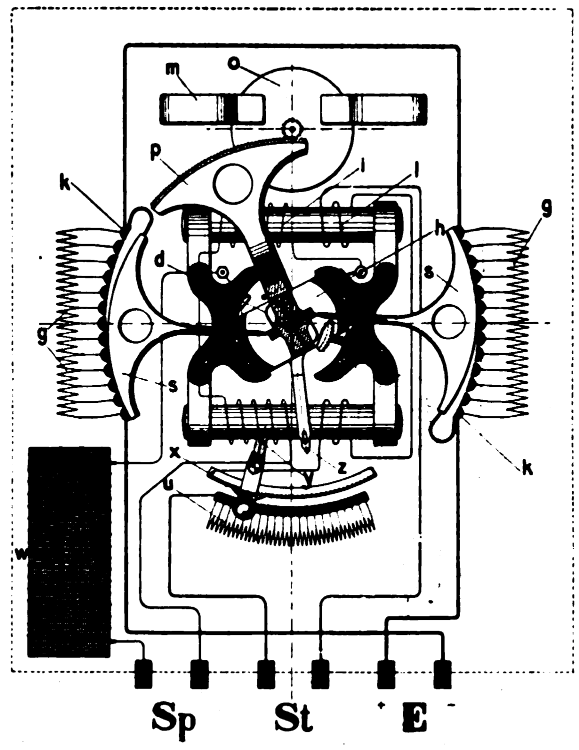


Fig. 4. — Schéma du régulateur pour courant continu.

continu. La bobine mobile *h* et les enroulements d'excitation *i* du champ magnétique sont reliés en série de manière à provoquer la rotation de la bobine. Comme dans

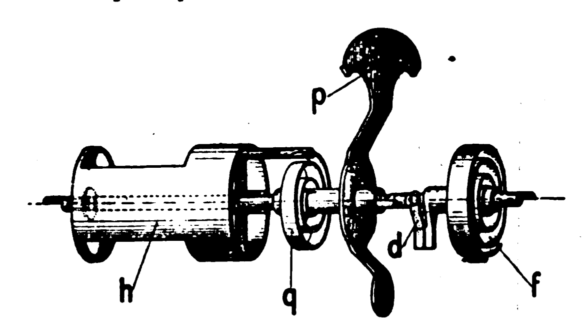


Fig. 5. — Détail de l'équipage mobile.

le régulateur pour courant alternatif, le couple mécanique du ressort en spirale *f* agit en sens contraire du couple électromagnétique de la bobine *h*. Afin d'obtenir un état d'équilibre astatique dans toutes les positions de la bobine mobile, et cela malgré l'augmentation, avec la torsion du ressort, du moment mécanique, on fait croître la valeur du champ magnétique proportionnellement

à la tension de ce ressort, de sorte que le ressort auxiliaire nécessaire avec l'appareil à courant alternatif est supprimé.

Le système d'amortissement destiné à éviter les mouvements pendulaires est constitué de la même façon que dans le régulateur à courant alternatif : le disque en aluminium *o* tourne entre les aimants permanents *m*, et les courants de Foucault qui y prennent naissance amortissent les mouvements pendulaires. Le disque *o* est entraîné par la bobine *h* au moyen d'un engrenage et du secteur denté *p*.

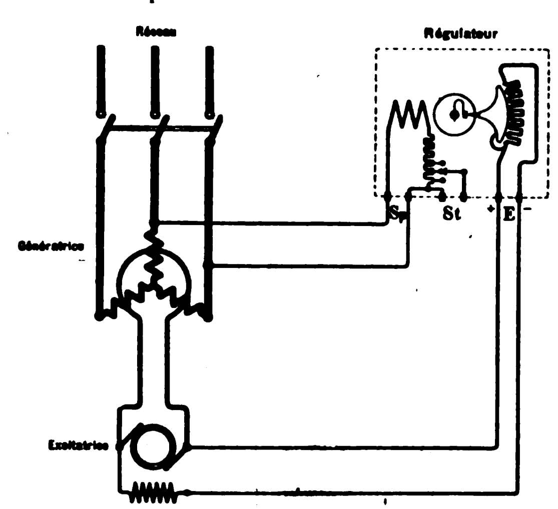


Fig. 6. — Schéma des connexions pour le réglage de la tension d'une génératrice à courant triphasé.

Les oscillations de la bobine *h* provoquées par les variations de tension sont transmises aux secteurs de contact *s* qui, pour un faible mouvement de la bobine, se déplacent sur un grand nombre de plots de contact.

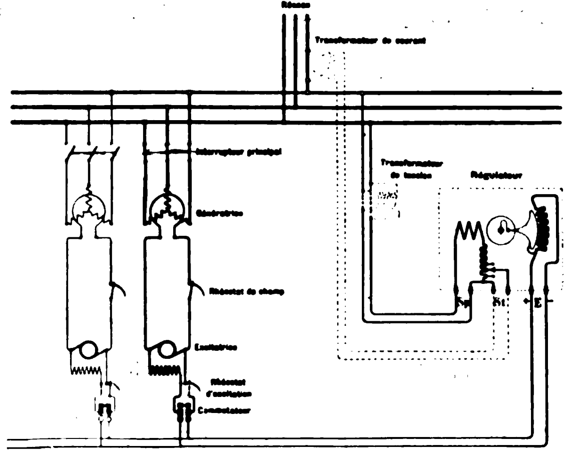


Fig. 7. — Réglage automatique de la tension d'une ou plusieurs génératrices à courant triphasé dont les excitatrices sont directement accouplées.

EMPLOI DU RÉGULATEUR DANS LES INSTALLATIONS A COURANT ALTERNATIF. — Le cas le plus simple est celui d'un régulateur réglant la tension d'une génératrice à basse tension, avec excitatrice accouplée (*fig.* 6).

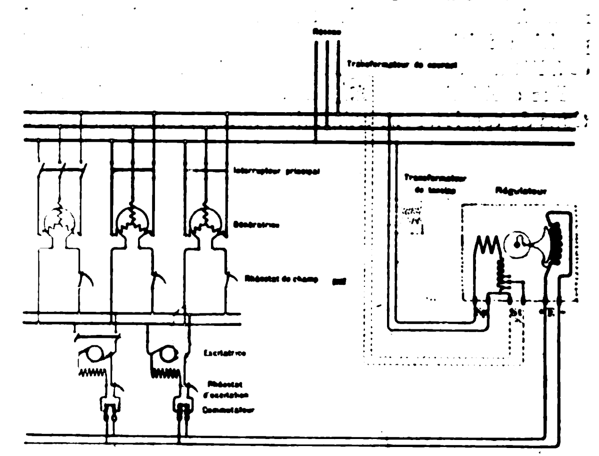


Fig. 8. — Réglage automatique de la tension de plusieurs génératrices à courant triphasé avec excitation centrale.

Les bornes S *p* du régulateur sont reliées directement à la génératrice et les résistances de régulation sont insérées par les bornes E dans le circuit en dérivation de l'excitatrice.

Lorsqu'il s'agit d'une génératrice à haute tension on intercale un transformateur de tension ramenant la tension à 100 volts comme il est indiqué dans la figure 7. La puissance de ce transformateur est de 0,25 kv-A pour le régulateur petit modèle et de 0,4 kv-A pour le régulateur grand modèle.

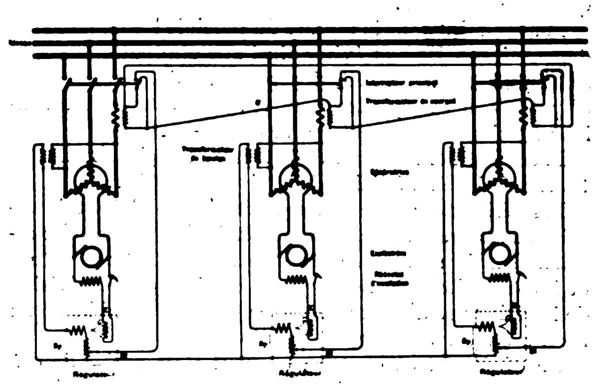


Fig. 9. — Réglage automatique de la tension de plusieurs génératrices à courant triphasé avec un régulateur pour chaque génératrice.

Si, de plus, il s'agit de compenser la chute de tension d'un circuit, on adjoint un transformateur de courant dont l'enroulement secondaire est relié aux bornes S *t* du régulateur. Suivant le modèle du régulateur, ce transformateur consomme au plus 1 ampère sous 30 volts ou 5 ampères sous 25 volts.

La figure 8 montre, dans le cas où il n'y a qu'une seule génératrice qui doive être réglée automatiquement, comment on peut, à l'aide d'un commutateur de courant

d'excitation, brancher le régulateur sur une autre génératrice.

La figure 8 est un schéma de connexions avec excitation centrale, tandis que la figure 9 donne un schéma où chaque génératrice possède son propre régulateur; dans ce dernier cas, les régulateurs sont stabilisés entre eux par des transformateurs de courant dont les enroulements secondaires sont connectés en série.

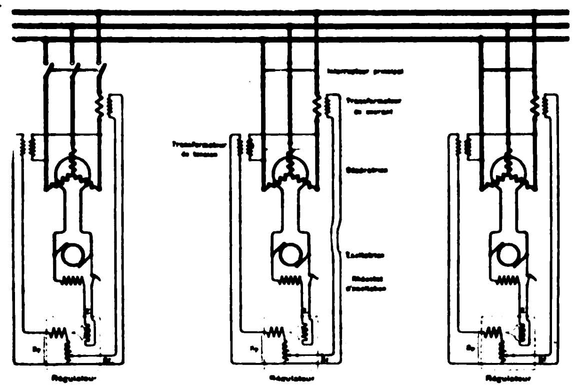


Fig. 10. — Réglage de plusieurs groupes générateurs installés dans différentes stations.

Lorsque les génératrices accouplées sur un réseau sont placées dans des stations différentes, cette stabilisation n'est plus guère possible. Alors, les connexions sont à faire conformément à la figure 10 et les ressorts des régulateurs sont établis spécialement à cet effet.

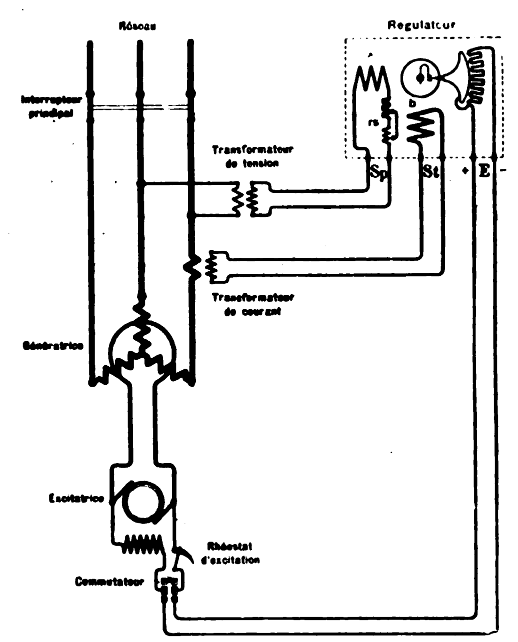


Fig. 11. — Schéma des connexions pour obtenir la constance du facteur de puissance.

La figure 11 représente le schéma des connexions d'un régulateur destiné à maintenir constant le facteur de puissance d'un groupe travaillant en parallèle avec d'autres génératrices. On fait alors agir sur le régulateur la tension et le courant, et les ressorts, principal et auxiliaire, se trouvent supprimés. Le régulateur est en équilibre lorsque les courants des enroulements *a* et *b* sont en phase, c'est-à-dire lorsque le couple est égal à zéro. Par contre, le régulateur entre en action aussitôt que le courant de l'un des enroulements est décalé par rapport au courant de l'autre, et tend à rétablir l'équilibre en modifiant l'excitation. La résistance de réglage *rs* intercalée dans le circuit S *p* sert à régler à la main le déphasage qu'on veut obtenir.

Emploi du régulateur dans les installations a courant continu. — La figure 12 représente le cas le

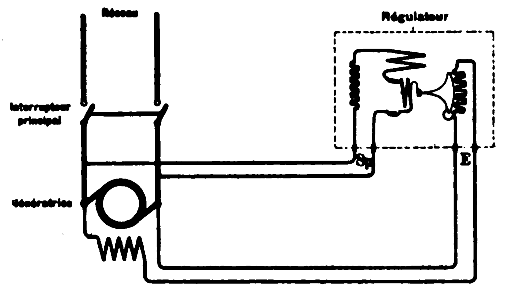


Fig. 12. — Schéma des connexions pour réglage de la tension d'une génératrice à courant continu.

plus simple du réglage de la tension de machines à courant continu. Les bornes S *p* du régulateur sont reliées directement au circuit de la dynamo, tandis que la résistance de réglage du régulateur est reliée par les bornes E à l'excitation de la machine.

Le schéma de connexions de la figure 13 indique

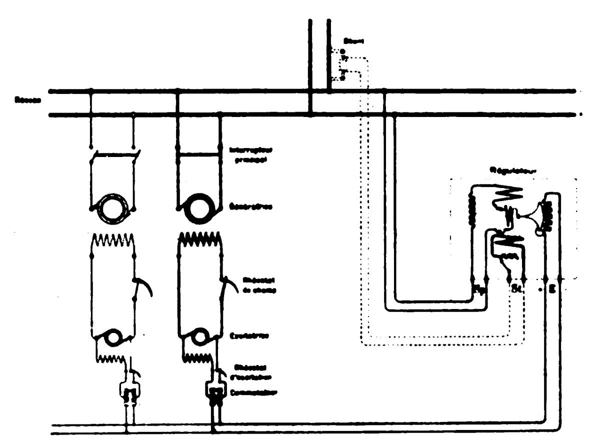


Fig. 13. — Réglage automatique de la tension de plusieurs génératrices à courant continu excitées en dérivation.

comment le régulateur peut être branché sur d'autres génératrices à l'aide d'un commutateur d'excitation, ou comment plusieurs génératrices peuvent être réglées en même temps par un seul régulateur.

Si l'on désire compenser la chute de tension en ligne,

on intercale un shunt dans ce circuit. Ce shunt est relié par les bornes S *t* du régulateur à un enroulement spécial du champ inducteur du régulateur.

Le schéma de la figure 14 représente les connexions

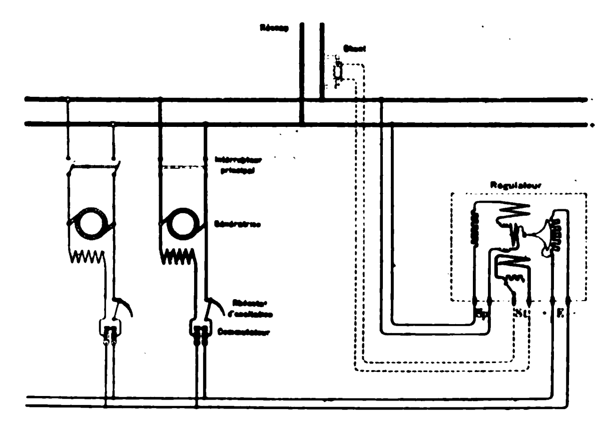


Fig. 14. — Réglage automatique de la tension de plusieurs génératrices à courant continu avec excitatrices en bout d'arbre.

pour le cas d'excitatrices en bout d'arbre, ainsi que cela a lieu pour les machines de grande puissance et en particulier pour les turbo-dynamos.

Lorsque chaque génératrice doit être munie de son régulateur, il faut se reporter au schéma de la figure 15.

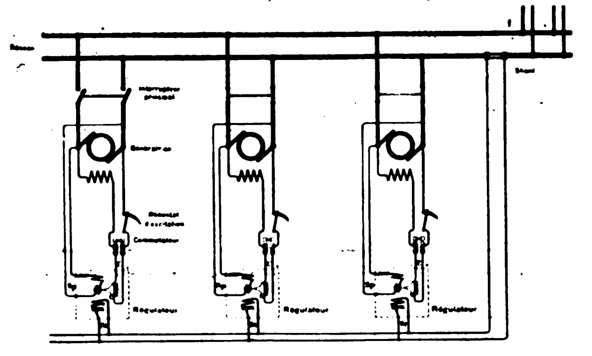


Fig. 15. — Réglage automatique de la tension de plusieurs génératrices à courant continu avec un régulateur pour chaque génératrice.

Les régulateurs sont dans ce cas réglés à l'avance au local d'essais pour un fonctionnement simultané.

Emploi du régulateur dans les installations a courant continu avec batterie tampon. — Le régulateur à courant continu est particulièrement avantageux dans les installations avec batterie tampon (¹) où il permet de maintenir constante l'intensité des génératrices.

L'intensité est réglée d'une façon précise à ± 1-5 pour 100 près, tandis que la tension aux génératrices reste constante à moins de 1 pour 100 près.

(¹) De même dans les installations avec accumulation d'énergie par volants.

Par rapport au système habituel de compoundage de la survoltrice, ce mode de réglage a l'avantage de corriger les variations de résistance intérieure que présente la batterie suivant qu'elle reçoit ou débite du courant ou suivant son état de charge, variations qui entraînent une répartition très inégale du courant entre la génératrice et la batterie.

La figure 16 représente le schéma des connexions

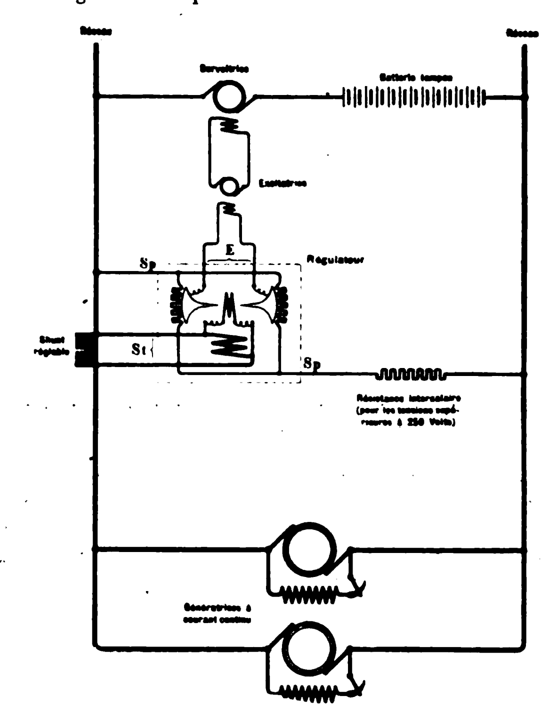


Fig. 16. — Schéma des connexions pour installations à courant continu avec batterie tampon.

correspondantes. Le champ magnétique et la bobine sont en parallèle et connectés à un shunt de 0,5 volt environ. Ce shunt est subdivisé, de sorte que le régulateur puisse être toujours utilisé avec le couple le plus grand possible et la sensibilité du régulateur maintenue aussi élevée qu'elle peut l'être. Les subdivisions du shunt permettent de faire un premier réglage qui conviendra en général pour un temps d'exploitation assez long, le réglage définitif journalier étant fait à l'aide de la vis micrométrique du régulateur. Une échelle graduée qui se trouve à l'intérieur du régulateur permet de repérer ces réglages. Pour que les pertes dans les résistances soient aussi faibles que possible, on fait agir le régulateur sur le circuit inducteur d'une petite excitatrice dont on munit la survoltrice.

La tension d'excitation de l'excitatrice est normalement de 250 volts au maximum. Elle est prise sur les deux secteurs de contact et, par suite, varie de — 250 à + 250 volts suivant la position que ceux-ci occupent sur les résistances (connectées en parallèle) du régulateur. Celles-ci peuvent recevoir leur tension d'une source quelconque à courant continu; mais, en général, par raison de simplification, elle est prise aux barres collectrices, le supplément de tension étant absorbé par des

résistances. L'intensité du courant de ce circuit est généralement de 1 à 2 ampères et n'est supérieure à cette quantité que pour les installations de très grande puissance.

EMPLOI DU RÉGULATEUR POUR LA COMMANDE DE RÉGULATEURS D'INDUCTION. — Le régulateur à action rapide Brown-Boveri peut, avec un régulateur dit régulateur d'induction, être utilisé pour maintenir la tension absolument constante, à la station centrale ou au point d'alimentation.

Le régulateur à action rapide peut, en effet, être réglé pour compenser la perte ohmique dans un feeder en augmentant automatiquement la tension au départ en proportion de la charge. On utilise, suivant la charge et la tension du feeder et suivant la rapidité que l'on désire obtenir dans le réglage, l'un ou l'autre des deux systèmes de commande du régulateur d'induction décrits ci-après. Dans les deux cas, le régulateur à action rapide représente l'organe essentiel de la régulation, et fait agir par l'intermédiaire du système de commande le régulateur d'induction dans un sens ou dans l'autre.

1° *Commande électrique.* — Un petit moteur, branché à une source de courant quelconque, commande, avec un rapport de vitesse d'environ 1 : 1500, le rotor du régulateur d'induction. Le moteur est mis en circuit à l'aide d'un aimant, sur lequel agit le régulateur à action rapide, et suivant que cet aimant se trouve au-dessus ou en dessous du milieu de sa course, le moteur tourne dans un sens ou dans l'autre.

Ce dispositif de commande permet de régulariser en une seconde des variations de tension de 1 pour 100 de la tension du réseau.

2° *Commande par huile sous pression.* — Un servomoteur à huile sous pression composé d'un cylindre et d'un piston commande un mécanisme à manivelle, qui entraîne le régulateur d'induction. Le réglage de la pression d'huile est fait par un aimant puissant commandé par le régulateur à action rapide.

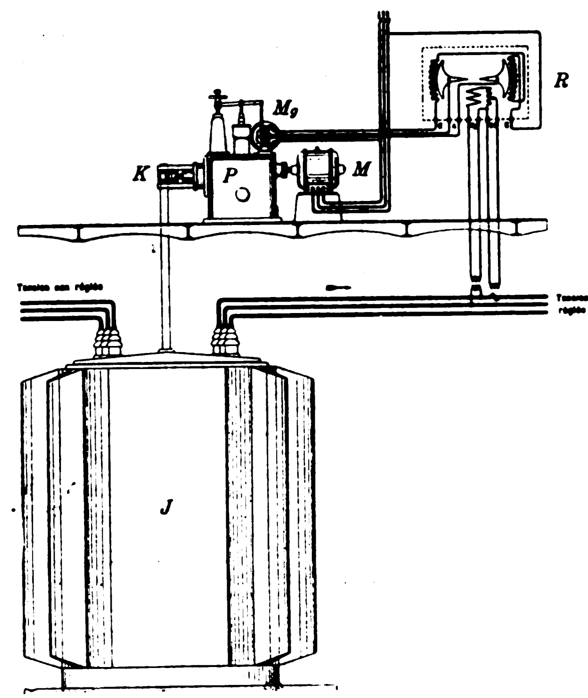


Fig. 17. — J = Régulateur d'induction avec réglage automatique par huile sous pression ; R = Régulateur à action rapide ; P = Pompe à huile ; M = Moteur actionnant la pompe ; Mg = Aimant commandant la soupape de réglage ; K = Commande par manivelle du rotor du régulateur d'induction.

La pression de l'huile, qui est de 1 à 10 atmosphères,

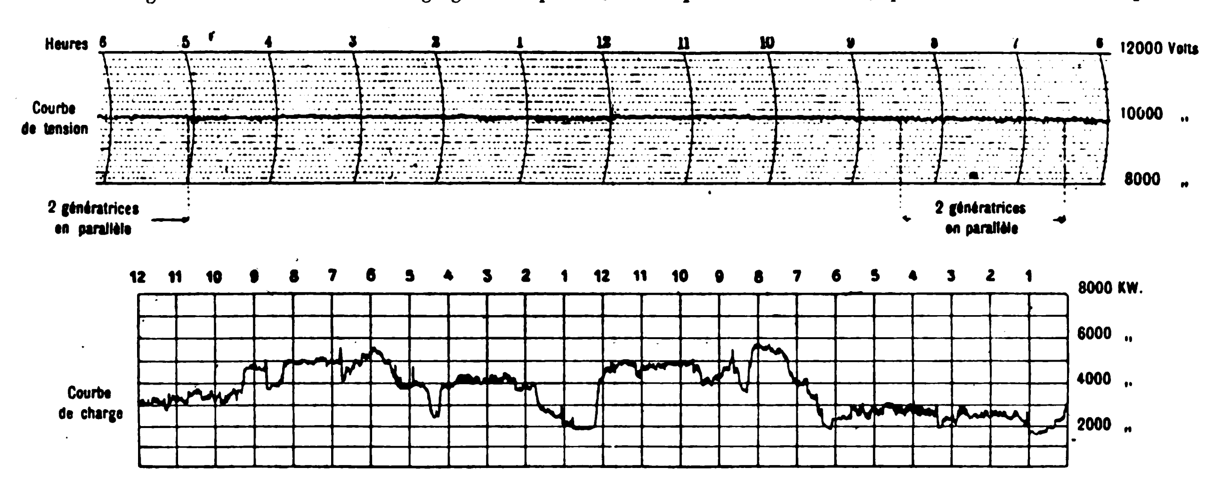


Fig. 18 et 19. — Réglage automatique avec régulateur de tension à action rapide Brown-Boveri (Centrale de Dortmund). 2 génératrices triphasées de 5000 kw chacune, voltage à maintenir constant : 10050 volts.

est donnée par une pompe accouplée à un moteur électrique branché sur le courant dont on dispose.

Ce système de commande permet de régulariser en une seconde des variations de tension de 10 pour 100 de la tension du réseau.

La figure 17 représente la disposition schématique de

la commande automatique d'un régulateur d'induction avec de l'huile sous pression.

Résultats d'exploitation. — Le degré d'insensibilité du régulateur de tension, c'est-à-dire la variation de la tension à régler pour laquelle le régulateur n'entre pas en action, est de ± 0,5 pour 100.

Dans les installations courantes de lumière et de force motrice, la tension peut être maintenue constante à ± 1 pour 100. Pour les installations de force motrice

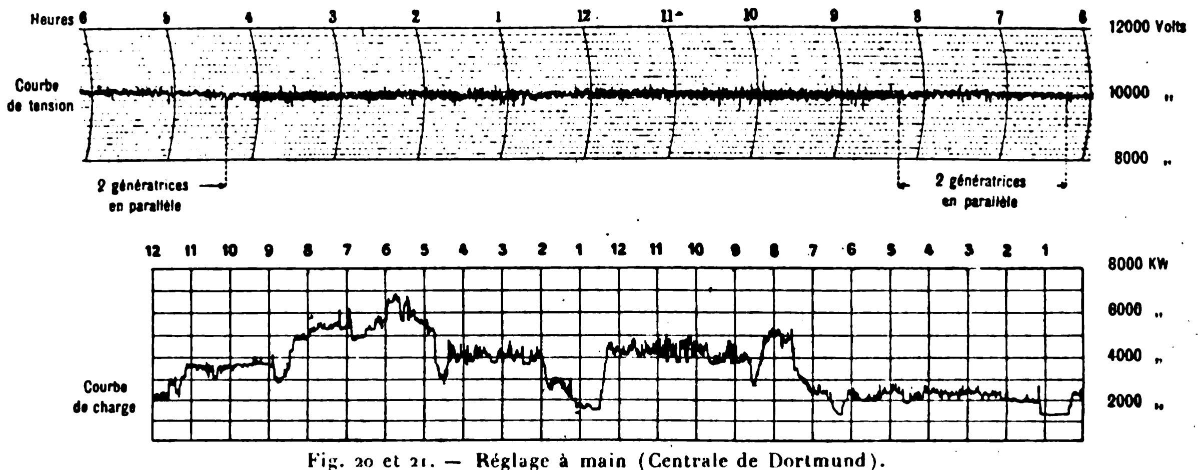


Fig. 20 et 21. — Réglage à main (Centrale de Dortmund).
2 génératrices triphasées de 5000 kw chacune, voltage à maintenir constant : 10050 volts.

très chargées, comme par exemple les installations avec grues, laminoirs, machines d'extraction, les lignes de traction à grand trafic, etc., les variations peuvent atteindre ± 3 à 5 pour 100, suivant l'importance des à-coups de charge.

Les figures 18 à 21 donnent enfin la comparaison entre un réglage à la main, par le surveillant du tableau de distribution, et le réglage automatique par un régulateur à action rapide Brown-Boveri, dans l'usine génératrice de Dortmund. T. Pausert.

ACCUMULATEURS.

Procédé de préparation de matière active pour accumulateurs au plomb ([1]).

Dans le brevet allemand 199590 du 6 juillet 1906, l'inventeur a revendiqué l'emploi d'une matière active constituée par du plomb obtenu électrolytiquement en forme de cristaux. Avec cette matière qui, d'après l'inventeur, serait une combinaison de plomb et d'hydrogène, on obtiendrait une grande capacité, mais une durée insuffisante, soit qu'on l'emploie seule, soit qu'on y ajoute du sulfate de mercure.

Par contre si l'on mélange cette matière cristalline avec les oxydes de plomb (minium, litharge, poussière de plomb) ordinairement utilisés, on obtient une plus grande capacité et une plus grande durée qu'avec ces oxydes employés seuls.

On peut encore augmenter la durée en ajoutant des agglomérants qui ne sont pas détruits trop rapidement par l'action du courant et de l'acide et qui n'augmentent pas trop la résistance électrique. Ces agglomérants sont ou bien des matières qui simplement collent les particules de matières mécaniquement les unes aux autres, ou encore des matières qui forment des combinaisons avec les oxydes de plomb. Les premiers donnent à la masse une bonne résistance mécanique, mais augmentent la résistance électrique et réduisent la capacité. Les seconds sont assez rapidement détruits par l'action du courant.

On peut obtenir une durée convenable en même temps qu'une grande capacité en employant en proportions déterminées un agglomérant de la première catégorie, et un de la seconde. Comme agglomérant de la première catégorie, l'inventeur emploie les corps similaires à l'albumine : protéine, albumine, etc. Il choisit pour agglomérant de seconde catégorie : le phénol, l'acide acétique, l'acide salycilyque, la pyridine, etc.

On prépare donc en remuant une émulsion à très faible pourcentage d'albumine dans l'acide sulfurique avec une faible addition de phénol. En ajoutant cette émulsion au mélange de plomb cristallin électrolytique et d'oxydes de plomb, on obtient une matière active donnant une bonne durée et une grande capacité.

Si l'on ajoute en outre, des fils fins de laine de verre, on ne diminue pas la durée comme cela se produit avec les pâtes ordinairement employées, et la matière active obtenue permet d'employer des intensités plus élevées de charge et de décharge. T. P.

Perfectionnements apportés aux piles secondaires ([1]).

L'invention concerne un procédé de fabrication de séparateurs. Ce procédé permet d'obtenir des plaques

([1]) Albert Ricko. Brevet français 442767 du 20 avril 1912.

([1]) F.-W. Hardy et E.-H. Hungerbuhler. Brevet français 442680 du 9 mars 1912.



poreuses d'épaisseur uniforme (1,5 mm au maximum), possédant une grande capillarité et une grande rigidité mécanique.

En employant le silicate d'aluminium (terre à porcelaine, pierre de Cornouailles ou pegmatite, argile bleuâtre ou stannifère), on peut faire usage d'un liant (feldspath moulu, silex, os, craie). Si l'on veut un séparateur de nature siliceuse, on emploie le sable en poudre ou un silex pur. Dans ce cas, on prend comme liant une petite quantité de silicate d'aluminium.

On brasse avec de l'eau la matière parfaitement mélangée avec le liant jusqu'à consistance de crême épaisse. On filtre à travers un crible à 40 mailles par centimètre. Le mélange est introduit dans des sacs en toile pour en exprimer la majeure partie de l'eau. La matière enlevée des sacs est séchée, puis broyée et réduite en poudre fine. Cette poudre fine est comprimée entre 150 et 300 kg par centimètre carré, en lui donnant la forme des plaques que'on désire. La cuisson se fait de 1200° à 1300° C. pendant 30 à 40 heures.

Ces séparateurs sont appliqués sur les plaques d'accumulateurs dont ils maintiennent la matière active.

T. P.

DIVERS.

Convertisseur pour courant continu et courant alternatif.

Ce convertisseur imaginé par l'ingénieur Hildebrand (*E. T. Z.*, 27 février 1913, p. 246), s'applique aussi bien aux réseaux à courant continu qu'aux réseaux à courant alternatif. Dans le premier cas, le courant continu est d'abord converti en courant alternatif au moyen d'un renverseur de sens pendulaire; le courant alternatif ainsi produit traverse le primaire d'un transformateur dont le secondaire fournit encore du courant alternatif, mais de tension plus basse; c'est ce dernier courant qui est finalement redressé par un deuxième inverseur pendulaire. Dans le cas où le convertisseur doit être branché sur un réseau alternatif simple ou triphasé, le premier inverseur est supprimé. Ces derniers appareils ne supportent pas plus de 6 volts et 2 ampères; au-dessus, il faut remplacer le système oscillant par des appareils rotatifs. Ceux-ci servent alors pour la charge des petites batteries d'accumulateurs jusqu'à 50 volts et 6 ampères; les autres alimentent des sonneries ou installations analogues.

Dispositif de ventilation pour dynamos de grandes puissances.

Ce dispositif que décrit M. Karl Weltzl dans l'*Elektrotechnik und Maschinenbau* du 5 janvier 1913, p. 10, est appliqué par la Société d'électricité Ganz. Il consiste à faire aspirer l'air au dehors et à l'amener à la machine par des canalisations installées dans ses fondations. La machine est complètement enfermée dans une enveloppe en tôle, et c'est l'inducteur volant qui aspire l'air d'un côté et l'expulse de l'autre avec une pression suffisante pour le conduire jusqu'au dehors de la salle des machines par des conduites également dissimulées dans les fondations. Le principe de ce dispositif rentre dans l'étude générale de Czeija signalée dans *La Revue électrique* du 12 juillet 1912, p. 12.

Les ressources hydrauliques du haut Doubs et le percement du Mont-d'Or. — Fin décembre dernier, les journaux français et suisses enregistraient l'information suivante : « Aux travaux du tunnel du Mont-d'Or, une perforation a crevé, à 75 m de l'avancement, une poche d'eau considérable. Trois heures plus tard, le Bief-Rouge, rivière du versant français, affluent du Doubs, tarissait. La canalisation, de 50 cm de diamètre, qui avait été réservée pour l'écoulement des eaux du tunnel, était impuissante à évacuer les eaux, qui s'élevaient, dans le tunnel, à une hauteur de 50 cm, venant se déverser à l'entrée en une importante cascade qui creusait une excavation de 15 m à 20 m de profondeur, détruisant les routes de la Dernier et de l'Échelle. Le débit, évalué d'abord à 1800 l : sec, s'abaissait à environ 1000 l : sec, pour remonter, à la suite d'une série d'averses, à environ 5000 l : sec (29 décembre). Depuis lors, il a de nouveau baissé et s'équilibre, dans l'état actuel des eaux, à environ 5000 à 6000 l : sec. »

Outre les dépenses considérables que ne manquera pas d'occasionner l'aveuglement de cette venue d'eau, il est à craindre qu'elle ne fasse subir aux riverains du Doubs une diminution importante de la force motrice qu'il est possible d'en retirer, car, la pente du tunnel étant dirigée du côté de la Suisse, les eaux captées dans le bassin du Rhône se trouvent ainsi avoir leur écoulement dans le bassin du Rhin. On conçoit dès lors les inquiétudes de ces riverains qui, depuis plusieurs années déjà, ont dépensé pas mal d'argent pour augmenter le débit du Doubs en obturant les orifices des fissures par lesquelles l'eau s'échappe dans le terrain sous-jacent.

M. E. Fournier, professeur à l'Université de Besançon, qui signale le fait dans *La Nature* du 22 février (p. 197 à 200) et dans la *Revue générale des sciences* du 28 février (p. 154-157), fait observer que, dès 1902, il avait prévu les difficultés hydrologiques qu'on rencontrerait si l'on perçait un tunnel dans cette région. Il ajoute que, d'après la configuration et la constitution des couches de terrains traversés, il reste à percer une nouvelle zone où l'on rencontrera un débit égal à celui déjà recoupé. C'est une perspective peu réjouissante pour les usiniers du Doubs.

Ajoutons que le percement du tunnel du Mont-d'Or résulte de l'adoption du raccourci Frasnes-Vallorbe pour la liaison des lignes du P.-L.-M. aux lignes d'accès au Simplon. On avait également envisagé une liaison par le percement de la Faucille; mais cette dernière solution a été provisoirement abandonnée, malgré son avantage de raccourcir de 146 km le parcours Paris-Genève, parce que les dépenses qu'elle eût occasionnées se seraient élevées à 125 millions, alors que celles prévues par la jonction Frasnes-Vallorbe n'étaient que de 17 millions. Or, d'après M. E. Fournier, on peut prévoir dès maintenant que le Frasnes-Vallorbe coûtera près de 100 millions. Le rapprochement de ces chiffres est éloquent.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

RADIOTÉLÉGRAPHIE.

Nouveau détecteur d'oscillations électriques, du docteur Riccardo Moretti (¹).

Ce nouveau détecteur d'ondes électromagnétiques, imaginé par le Dr Riccardo Moretti, est analogue à l'électrodynamomètre du professeur Arno et, comme ce dernier, est basé sur la variation de l'hystérésis produite par les ondes électriques et, en général, par des courants variables, sur un noyau de fer ou d'acier situé dans un champ magnétique variable.

Il est à noter que c'est en se basant sur le phénomène de la variation de l'hystérésis, observée par Ewing, que Marconi construisit son détecteur magnétique, qui, substitué aux premiers détecteurs à contacts imparfaits ou cohéreurs, permit de réaliser des progrès considérables en radiotélégraphie.

La manière dont le phénomène de la variation de l'hystérésis est utilisé, par le professeur Arno et par le Dr Moretti, pour obtenir les nouveaux détecteurs d'ondes électromagnétiques, est essentiellement différente de la méthode employée par Marconi. L'électrodynamomètre du professeur Arno (²), qui permet de déceler, de mesurer et d'enregistrer aussi bien les courants téléphoniques que les ondes électriques, se compose principalement d'un équipage mobile (*fig.* 1) constitué par un fil de suspension soutenant deux petits cylindres creux de fer ou d'acier C, situés respectivement dans deux champs tournants de même intensité et de même fréquence, mais de sens contraire. Au fil de suspension est fixé un petit miroir, permettant d'effectuer la lecture de l'angle de déviation de l'équipage, ainsi que dans les galvanomètres ordinaires. Dans les conditions normales, les deux champs tournants tendront à faire tourner chacun des cylindres dans le sens du champ par suite, la suspension, étant soumise à deux actions égales et contraires, restera évidemment en équilibre.

Pour effectuer la mesure d'un courant variable ou des ondes électriques, on fait passer le courant à mesurer à travers une petite bobine *b* entourant un des cylindres. Par suite du passage de ces courants, l'hystérésis du cylindre subit une certaine variation, l'équilibre vient alors à être rompu et l'équipage mobile dévie.

Chacun des deux champs tournants est obtenu au moyen d'un système de deux couples de bobines $S_1 S_2$ et $S_3 S_4$ (*fig.* 2) en dérivation sur un système monophasé et placés à angle droit l'un par rapport à l'autre. Les couples de bobines sont parcourus par deux courants alternatifs de même intensité, mais déphasés de 90° entre eux.

Le déphasage des deux courants du système $S_1 S_2$ et $S_3 S_4$ est généralement obtenu en introduisant dans un

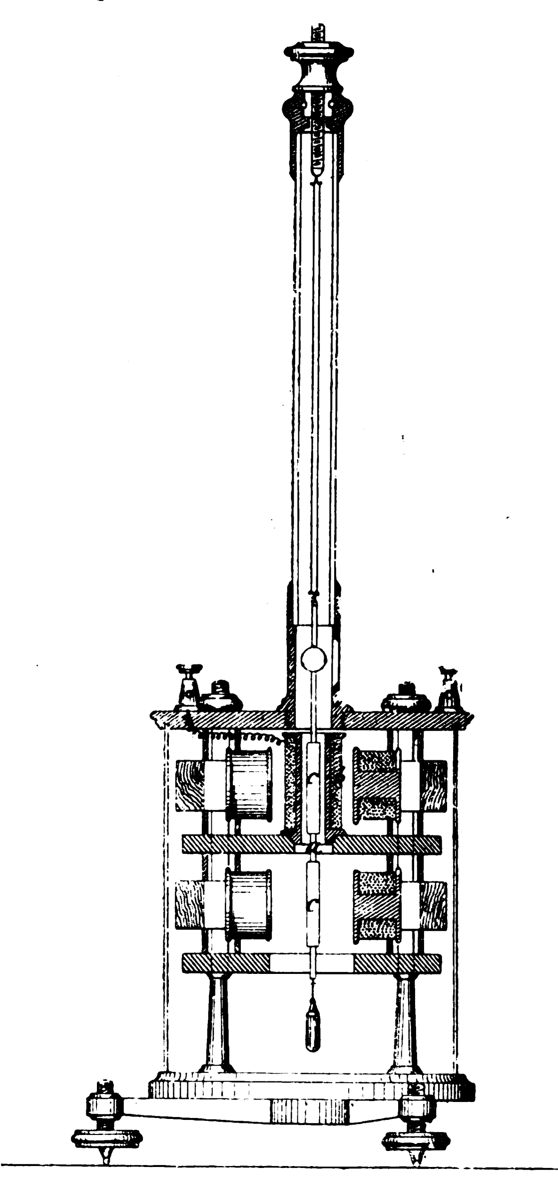


Fig. 1. — Electrodynamomètre du professeur Arno.

des circuits une bobine d'induction (*fig.* 3). Dans cette figure, A et B sont les prises de courant; K un interrupteur; *r* une résistance ohmique; ρ une résistance inductive; $S_1 S_2$ et $S_3 S_4$, les deux couples de bobines, qui, parcourues par les deux courants, engendrent les champs tournants supérieur et inférieur; *b* la bobine secondaire.

(¹) *Elettricista* du 15 février 1913, p. 57-59.

(²) *Voir Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, t. IX, n° 84, 1909; *La Revue électrique*, t. XI, 15 juin 1909, p. 420-424.



Au cas où l'appareil sert comme détecteur, on réunit une prise de la bobine *b* avec l'antenne et l'autre avec la terre.

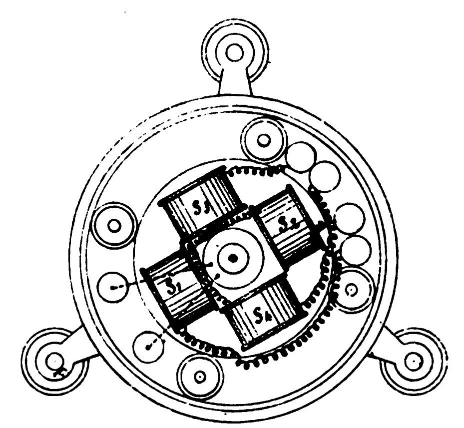


Fig. 2. -- Bobines des champs tournants.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, le détecteur du Dr Riccardo Moretti est, par son fonctionnement, assez semblable à celui du professeur Arno décrit ci-dessus.

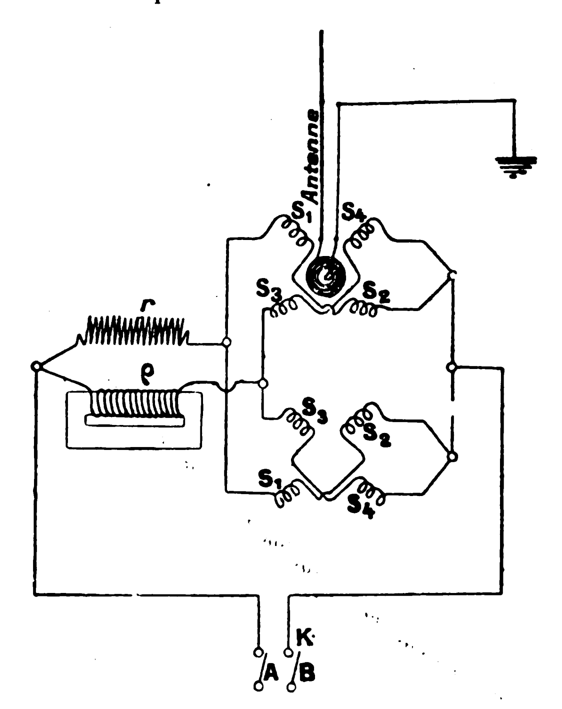


Fig. 3. — Schéma des connexions de l'électrodynamomètre

Dans l'appareil du Dr Moretti, nous trouvons, au lieu de deux champs tournants, deux champs alternatifs agissant avec la même intensité et en sens contraire sur un noyau de fer ou d'acier fixé à un équipage mobile. Par suite de l'égalité des champs et de leurs sens inverses, la suspension ne subit aucune déviation.

A l'une des extrémités d'un des noyaux est enroulée une bobine ayant une borne en relation avec l'antenne et l'autre à la terre.

Au passage des ondes électriques, il y aura production dans la petite bobine d'un champ auxiliaire, qui, faisant varier l'hystérésis dans une des parties du noyau et rompant par suite l'équilibre, détermine la déviation de l'équipage mobile.

Voyons comment, en pratique, le Dr Moretti a réalisé un tel dispositif.

Dans la figure 4, *b* et *c* sont les deux bobines qui, parcourues par des courants alternatifs, donnent les deux champs alternatifs de même intensité et de sens contraire; O *g* est le fil de suspension de l'équipage mobile soutenant les deux noyaux de fils de fer ou d'acier, *e* et *f*, placés dans les deux champs précédents; *ij* la petite bobine secondaire parcourue par le courant à mesurer; *a* et *d* sont deux bobines ayant des actions secondaires et concomitantes à celles exercées par les bobines *b* et *c*.

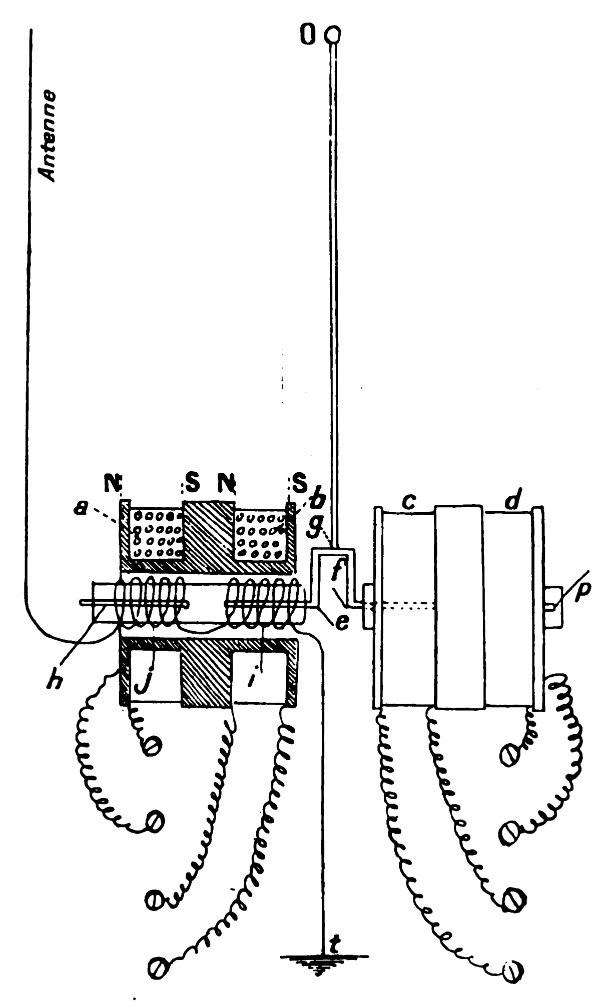


Fig. 4. — Détecteur magnétique Moretti.

Quand un courant variable parcourt les enroulements des quatre bobines *abcd*, de manière à créer des polarités



de sens contraire dans les deux paires de bobines *ab* et *cd*, l'équipage reste immobile, sollicité en même temps par deux couples égaux et contraires.

Mais, à peine une oscillation électrique parcourt-elle les enroulements *ij*, que, l'hystérésis variant dans les noyaux *e* et *h*, l'équilibre dans les flux des champs des bobines est rompu, et l'équipage se met à se mouvoir dans un sens ou dans l'autre, suivant que l'action de l'onde a déterminé une augmentation ou une diminution de l'hystérésis des noyaux *e* et *h*.

On peut employer cet appareil comme électrodynamomètre, en utilisant un dispositif permettant de déterminer le déplacement des noyaux *e* et *f*. La figure 5 représente dans ce cas la constitution de l'équipage mobile.

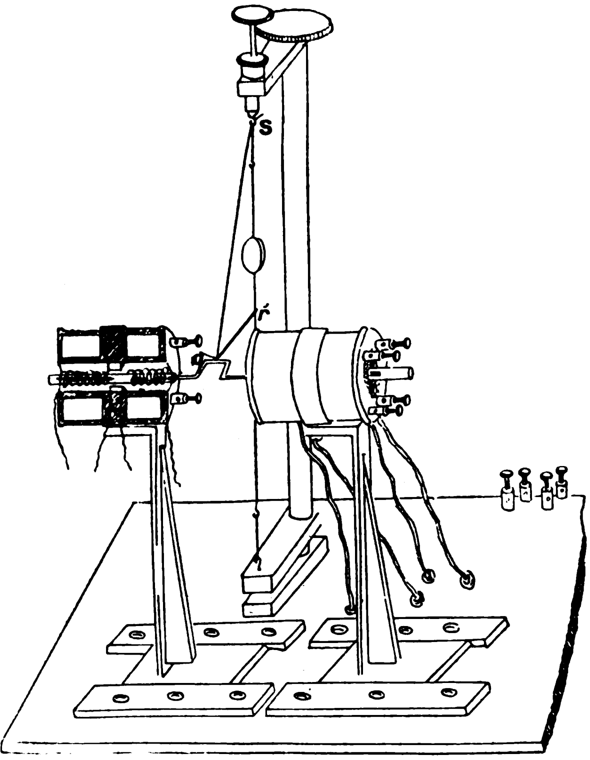


Fig. 5. — Variante du détecteur Moretti employé comme électrodynamomètre.

Se basant toujours sur le même principe, le Dr Moretti a donné à son détecteur une autre forme, dans laquelle la révélation des ondes est obtenue par une méthode acoustique.

Les deux champs alternatifs, au lieu d'agir sur un équipage mobile galvanométrique, influencent une lame vibrante, analogue aux lames des récepteurs téléphoniques. A cette lame *u* (*fig.* 6) sont fixés des noyaux *e* et *f*.

Pour faciliter le réglage, les bobines *a* et *b* font partie d'un cylindre *r*, glissant dans un autre cylindre *o* contenant l'autre groupe de bobines *c* et *d*, et ayant comme fond un pavillon analogue à ceux des téléphones ordinaires.

De cette façon, par suite des variations d'hystérésis des faisceaux *eh* produites quand les oscillations électriques parcourent l'enroulement *il*, la lame se trouve déséquilibrée entre les champs des deux couples de bobine et se met à vibrer.

Pour obtenir le maximum d'effet, la lame *u* est construite de façon que sa période propre corresponde exactement à la période du courant alternatif d'alimentation; on a ainsi la résonance mécanique. En outre, les constantes des bobines sont telles que l'on obtient la résonance électrique.

Au lieu d'utiliser les vibrations de la lame *u*, on peut aussi mettre en série avec le circuit des bobines *c* et *b* un autre détecteur dont la période propre soit à l'unisson avec celle du courant d'alimentation. Enfin, on peut encore

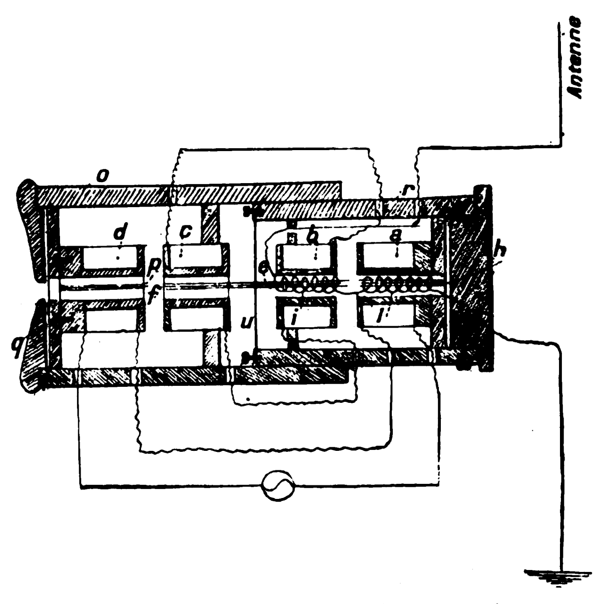


Fig. 6. — Détecteur téléphonique Moretti.

utiliser les deux manifestations en même temps, c'est-à-dire celle due aux vibrations de la lame *u* et celle due au détecteur auxiliaire.

On peut simplifier l'appareil, en ne conservant par exemple que le couple de bobines *a* et *d*, au lieu des quatre bobines employées dans deux types d'appareils du Dr Moretti.

Ce nouveau détecteur n'ayant malheureusement pas encore été comparé avec les détecteurs utilisés habituellement, il est impossible de déterminer, pour le moment, quel sera son degré de sensibilité par rapport aux autres.

ÉCLAIRAGE.

LAMPES A INCANDESCENCE.

Une nouvelle lampe électrique de sûreté pour le service des mines (¹).

Le gouvernement anglais a décerné le premier prix, dans un récent concours, à une lampe électrique de mines imaginée par F. Färber et construite par la Société d'électricité Concordia, à Dortmund, sous le nom de *lampe C. E. A. G.* Nous donnons ci-dessous une description sommaire de cette lampe (*fig.* 1).

Elle se compose essentiellement d'une partie inférieure contenant l'accumulateur et d'une partie supérieure contenant la lampe proprement dite.

L'accumulateur au plomb épouse une forme cylindrique. Il est enfermé dans une enveloppe A en celluloïd.

L'appareil est naturellement construit pour répondre aux exigences d'un maniement brutal.

Les électrodes de l'accumulateur sont cylindriques, ce qui offre, sur les plaques plates, l'avantage d'une plus grande solidité et évite les gondolements en cas de trop forte charge ou de décharge poussée trop loin. Ces électrodes permettent également la charge sous de plus grandes intensités, ce qui conduit à diminuer considérablement le temps de charge. Ceci est un très gros avantage, car il est très souvent nécessaire de remettre en service les lampes 8 heures après leur complète décharge. Chaque élément se compose d'une électrode positive E_p et d'une électrode négative E_n concentriques et séparées par un intervalle de 8 mm. Ces deux électrodes sont fixées dans le couvercle du bâti au moyen de deux prises de courant P_1 et P_2.

L'ouverture de l'élément s'opère de la façon suivante :

Une feuille mince de celluloïd réunit la partie supérieure de l'enveloppe à la partie inférieure; il suffit à l'aide d'un couteau de couper cette feuille sur le pourtour de la rainure S pour dégager le couvercle. Cette disposition permet de changer les électrodes en quelques minutes et de ne pas détériorer du tout l'enveloppe en celluloïd, qui est utilisable pendant très longtemps. Les prises de courant P_1 et P_2 sont percées dans le sens de la hauteur et munies d'étuis en métal non attaquable par les acides. Dans ces étuis s'ajustent les contacts amovibles p_1 et p_2, qui s'appuient à l'aide de ressorts en spirale sur les deux segments en laiton k_1 et k_2, qui constituent les bornes de la lampe. Tout cet ensemble peut facilement se démonter pièce par pièce et se nettoyer.

Pour permettre le dégagement des gaz pendant la charge et la décharge, l'enveloppe en celluloïd de l'élément n'est pas complètement fermée. Dans le milieu de la cellule, à l'intérieur de l'électrode positive, se trouve un cylindre creux B fixé au couvercle. Il se trouve en communication, par l'intermédiaire d'un long tube de très

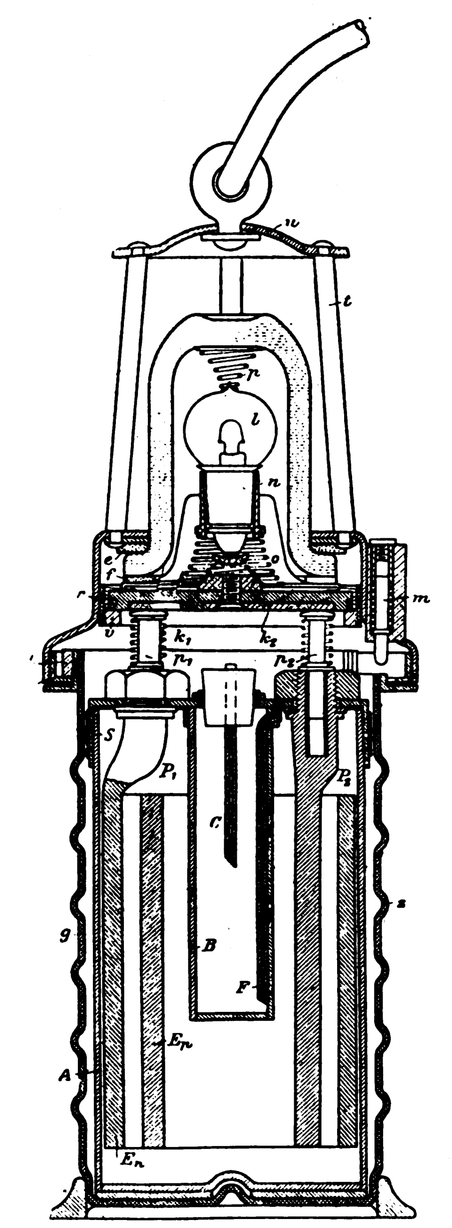


Fig. 1.

faible section F avec la partie supérieure du récipient où s'assemblent les gaz. Ceux-ci ne peuvent parvenir dans le cylindre B que par le tube F et de là à l'air libre par le

7.....

(¹) *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XL, 3 octobre 1912, p. 1036.

tube C. Les particules d'acide entraînées restent dans le cylindre B.

Même en renversant complètement l'élément, l'acide ne peut s'écouler à l'extérieur, de sorte que cette lampe est utilisable dans toutes les positions.

La capacité de l'accumulateur est très grande. Il est capable d'alimenter une lampe de 1,5 bougie pendant une durée de 16 heures, et peut ainsi servir pour deux postes.

La construction solide de cet accumulateur lui permet de rester 12 mois en service, s'il est convenablement soigné. Au bout de ce temps, il faut remplacer les électrodes.

L'extérieur de la partie inférieure de cet appareil est constitué par une gaine en acier galvanisé de 1,2 mm d'épaisseur, dans laquelle se trouve placé l'accumulateur.

Cette gaine est d'une seule pièce, sans soudure; pour renforcer encore sa solidité, elle est munie de nervures *z*.

Au rebord supérieur de cette enveloppe est soudé un solide collier en laiton qui permet de relier d'une façon tout à fait étanche la partie supérieure à la partie inférieure. La liaison s'effectue au moyen d'un système à baïonnette.

La partie supérieure de cette lampe est en laiton ou en tôle d'acier galvanisée. Elle possède un verrouillage magnétique *m* pour éviter toute ouverture fortuite.



Fig. 2.

La tige *m* en fer doux s'engage dans une encoche pratiquée dans le système de fermeture. Pour permettre la mise en circuit ou hors circuit de l'ampoule, l'encoche a une longueur de 50 mm, de sorte que la partie supérieure peut tourner d'un certain angle, sans occasionner l'ouverture de la lampe. Cette rotation permet aux segments R_1 et R_2 de quitter les contacts p_1 et p_2 ou inversement.

L'ampoule est une lampe à filaments métalliques de 1,5 bougie Hefner. Elle est entourée d'un globe de verre très épais *b*; ce globe est fixé à la partie supérieure au moyen d'un anneau fileté *v*; l'étanchéité est obtenue par les rondelles de caoutchouc *e* et *f* et la rondelle isolante *r*; quatre tiges *t* et un couvercle *u* protègent ce globe contre les chocs.

L'ampoule est vissée dans une douille *n*; cette douille est poussée vers le haut par un ressort en spirale O. Un second ressort en spirale supérieur *p* appuie l'ampoule vers le bas, de sorte que cette dernière se trouve suspendue entre deux ressorts en spirale, ce qui permet d'éviter le bris de la lampe et des filaments.

La figure 2 donne une idée de l'aspect extérieur de la lampe, qui est munie d'un solide crochet de suspension.

	Modèle normal.	Petit modèle.
Poids total de la lampe avec l'accumulateur.	2,25 kg	1,5 kg
Poids de la lampe seule.	1 —	0,7 —
Hauteur de la lampe..	27 cm	23 cm
Diamètre maximum de la lampe..........	9,5 —	9,5 —
Puissance lumineuse..	1,5 bougie Hef.	1,5 bougie Hef.
Durée d'allumage....	16 h	8 h

E. P.

Les variations périodiques d'intensité lumineuse des lampes à filaments métalliques en courant alternatif [1].

Les expériences de A. Larsen ont nettement démontré que les lampes à filaments métalliques, alimentées par du courant alternatif, subissent, dans l'espace d'une période, des variations d'intensité analogues à celles des arcs. Pour analyser le phénomène, il se sert d'un disque stroboscopique percé de quatre fentes et monté sur l'axe d'un moteur synchrone à quatre pôles. Ce disque est disposé entre la lampe à étudier et un photomètre Weber orienté dans la direction des fentes; de plus, il peut tourner sur l'axe de façon à saisir le phénomène à une phase quelconque d'une demi-période. On relève en quelque sorte la courbe photométrique par points. L'auteur a expérimenté sur quatre lampes Osram de 10, 16, 25 et 50 bougies, 220 volts et 50 p : s et une lampe fonctionnant avec un réducteur [2] de 14 volts et 16 bougies. En exprimant les résultats par des graphiques dont les abscisses représentent les temps (abscisse maximum, $\frac{1}{100}$ de seconde) et les ordonnées, les intensités lumineuses mesurées, on constate que les courbes ne sont pas sinusoïdales; la partie située au-dessus de l'ordonnée moyenne (10 bougies) est plus pointue que la partie située au-dessous de cette ordonnée. Numériquement, la lampe de 10 bougies, qui doit naturellement être affectée des plus grandes variations, a donné un minimum de 7 bougies et un maximum de 13,4 bougies, soit un écart de 30 pour 100. Son filament avait un diamètre de 0,01 mm; plus le filament est gros, moins sont sensibles les variations. La lampe à réducteur avait un filament de 0,08 mm; aussi l'amplitude de ses variations ne dépasse-t-elle pas ± 4 pour 100. La courbe d'une lampe

(1) Absalon LARSEN, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIV, 27 février 1913, p. 231.

(2) *Voir* dans la Littérature des Périodiques, du 17 janvier 1913, page 21, des renseignements très complets sur ces lampes.



à filament de carbone de 10 bougies 220 volts se confond pratiquement avec celle de la lampe Osram de 50 bougies.

L'auteur ne peut pas affirmer que ces lampes offrent un danger quelconque au point de vue physiologique et pour la fatigue de l'œil, mais elles sont capables de remplacer l'arc pour l'éclairement d'un disque stroboscopique à secteurs blancs et noirs dans les mesures du glissement; pour une même tension effective, l'intensité lumineuse déterminée au photomètre ne doit pas être la même en courant alternatif qu'en courant continu. En effet, la comparaison a été faite avec une même lampe Osram de 10 bougies et 220 volts. Si l'on représente par 1 l'intensité mesurée avec du courant continu, les intensités en courant alternatif sont :

Fréquences.	Volts efficaces.	Intensités lumineuses en courant alternatif.
50	220	1,016
50	250	1,020
50	268	1,022
30	220	1,037

D'après ces derniers résultats, on serait tenté de conclure que le nombre de watts consommés ne doit pas être identique dans les deux cas; cependant, des expériences très soignées n'ont révélé aucune différence quand la tension est bien la même. B. K.

Comparaison entre les lampes à arc et les lampes à filaments métalliques pour l'éclairage des voies publiques (1).

Le professeur A. Rossel nous communique le résultat d'une controverse qui s'est élevée entre deux électriciens représentant, l'un une fabrique de lampes à arc, l'autre une fabrique de lampes à incandescence, sur la question du mode d'éclairage le mieux approprié aux voies publiques.

Comme qualité principale de la lampe à arc, on invoque toujours son éclat; or, celui-ci, considéré du point de vue hygiénique, devient au contraire un très grave inconvénient. C'est dans ce sens précisément qu'ont jugé les 29 wattmen auxquels on avait demandé de donner leur opinion sur l'éclairage de deux sections de même longueur, l'une équipée de lampes à arc de 10 ampères; l'autre, de lampes à filament métallique (lampes Osram) de 50 bougies Hefner; ce dernier mode d'éclairage a réuni 25 suffrages. Il n'est pas douteux que la cause réelle qui a inspiré ce jugement doit être attribuée à l'éblouissement que provoque l'arc; en effet, l'introduction des lampes à incandescence a eu pour conséquence générale une diminution des accidents.

Envisagée sous le rapport des frais d'exploitation, la primauté reste encore à la lampe intensive Osram : en admettant pour celle-ci une consommation de 0,80 watt par bougie Hefner et une vie moyenne de 1200 heures, elle l'emporte au point de vue économique sur la plupart des types de lampes à arc utilisant les charbons ordinaires, soit en courant continu, soit surtout en courant alternatif. Il n'y a d'exception que pour les lampes à arc économiques, à courant continu, d'intensité moyenne hémisphérique supérieure à 1000 bougies au moins. Exemple : une lampe Osram de 500 bougies coûtera, pour 1000 heures d'éclairage, au prix de 0,20 fr le kilowatt-heure en courant alternatif, $500 \times 0,80 \times 1000 \times 0,2 = 80$ fr, tandis que des lampes à arc montées par trois en série reviendraient individuellement à 175 fr pour la même intensité et la même durée d'allumage. L'écart entre les lampes intensives Osram et les lampes à arc enfermé est tellement grand que toute comparaison devient superflue. Sur une autre courbe de consommation, on remarque que, pour 1000 bougies et 1000 heures d'allumage, le prix du kilowatt-heure étant toujours 0,20 fr, la lampe Osram coûte 175 fr, mais une lampe économique ne coûte que 160 fr, la différence à l'avantage de ce dernier mode d'éclairage va en s'accentuant à mesure que l'intensité moyenne hémisphérique augmente.

Quand on établit une comparaison entre des lampes à filament métallique et des lampes à arc à charbons minéralisés, il faut non seulement tenir compte de la répartition et de la hauteur de suspension des luminaires, car la subdivision des lampes à incandescence donne très souvent le même éclairement alors que leur intensité totale est moindre, mais encore voir s'il s'agit d'un éclairage intérieur ou d'un éclairage spécial comme pour les réclames ou les devantures de magasin. Le choix est alors dicté par une question de convenance. D'ailleurs, le développement des lampes à arc, comparé à celui des lampes à incandescence, semble subir un temps d'arrêt; on limite de plus en plus leur emploi aux applications qui demandent une source lumineuse très intense; certains types sont en voie de disparition, comme les petites lampes de 1 à 2 ampères, les lampes à arc enfermé ou de longue durée et, d'une manière générale, les lampes qui n'utilisent que des charbons purs.

La lampe Nernst, elle aussi, est reléguée dans les laboratoires ou bien est exclusivement réservée aux projections. La lampe à filament étiré, au contraire, se fabrique de plus en plus, même pour les petites intensités : 5 bougies pour 110 volts et 10 bougies pour 220 volts. Il serait cependant préférable de limiter l'emploi de ces faibles unités aux signaux. Certains électriciens (A. Steinhaus, *E. T. Z.*, 27 mars 1913) proposent, dans l'intérêt du public, d'adopter comme lampe normale la lampe de 25 bougies au lieu de 16 bougies, celle-ci étant considérée comme insuffisante pour l'éclairage domestique. Enfin, pour montrer encore les multiples applications de la lampe à filament métallique, filé ou étiré, rappelons encore qu'on construit des types de 25 bougies pour 6 volts et 50 bougies pour 10 volts.

La lampe à vapeur de mercure pourrait lutter avantageusement, pour l'éclairage des voies publiques, avec les deux types de lampes envisagés ci-dessus, sans la coloration spéciale de sa lumière. On a essayé de la corriger en utilisant des réflecteurs fluorescents constitués par de la rhodamine; mais les essais tentés jusqu'ici ne sont pas concluants. Une autre solution, qui semble devoir donner de meilleurs résultats, consiste à employer comme électrodes des alliages spéciaux; la lampe de Wolfke est basée sur ce principe (voir *La Revue électrique* du 25 octobre 1912, p. 352).

(1) A. Rossel, *Schweizerische Elektrot. Zeitschrift*, t. X, 1913, p 5, d'après *E. T. Z.* du 27 mars 1913.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

NICKEL.

Insuccès dans le nickelage; leurs causes et leurs remèdes (1).

L'auteur indique les insuccès suivants :

1. *Après fermeture du circuit, les objets ne se nickellent pas ou prennent une coloration sombre et il ne se produit aucune trace de dégagement gazeux sur eux.*

a. Une première cause est une température trop basse du bain, le thermomètre indique une température bien inférieure à 15° C.

Il suffit alors de chauffer une partie du liquide du bain dans un récipient en fer émaillé, en nickel pur ou en plomb. On ajoute ce liquide au bain jusqu'à ce que la température dépasse 15° C.

b. Une deuxième cause est que le courant ne passe pas ou que l'intensité est insuffisante. Le voltmètre montre alors une tension inférieure à 2 volts entre les objets et l'anode. Il faut alors vérifier les contacts. Si c'est la source de courant qui est trop faible, il faut introduire une plus petite surface d'objets dans le bain.

c. Les conducteurs d'amenée de courant aux objets et à l'anode sont inversés. Dans ce cas, on prend les extrémités des deux conducteurs et on les porte sur un papier de tournesol imprégné d'une solution de sel de cuisine, l'écartement des deux extrémités étant 0,5 à 1 cm.

Le fil dont l'extrémité donne un point bleu sur le papier est à relier aux objets. L'autre, qui donne un point rouge, doit aller à l'anode.

2. *Les objets ne se nickellent pas et, par le passage du courant, il se produit une vive ébullition sur les objets.*

a. Même cause et même remède qu'en **1** *a*.

b. Le bain renferme trop d'acide libre et colore en bleu le papier Congo. Le plus souvent cette acidité provient de l'emploi d'une trop faible surface d'anode. Normalement, la surface de l'anode doit être environ les $\frac{2}{3}$ de celle des objets.

Pour remédier à cet inconvénient, on ajoute par petites parties soit une solution d'ammoniaque, soit du carbonate de nickel délayé dans l'eau jusqu'à ce que, après agitation du bain, celui-ci ne colore plus en bleu le papier Congo rouge. Il faut éviter d'ajouter un excès de ces corps, ce qui serait nuisible.

On affaiblit aussi le bain en acide lorsqu'on le fait travailler fortement, en mettant seulement quelques fils comme objets en présence des anodes coulées.

c. Le bain contient du zinc soit par introduction de liquide de décapage, soit parce que les objets en zinc sont restés quelque temps dans le bain sans passage de courant ou avec un courant insuffisant. La présence du zinc ne peut se reconnaître que par l'analyse qualitative. On sort le plus rapidement possible les objets en zinc et on les nickelle dans un bain spécial.

Si le bain ne renferme que de petites quantités de zinc, l'élimination peut se faire en ajoutant du carbonate de nickel de façon à rendre le bain alcalin. On agite pendant quelqes heures, puis on filtre le bain. Celui-ci est enfin acidifié comme il est indiqué en 3 *a*.

Si la teneur en zinc est trop élevée, la régénération n'est pas rationnelle et il faut remplacer le bain par un neuf.

d. Les objets sont recouverts d'une couche d'oxyde et ne possèdent pas de surface métallique.

On les décape, les gratte et on les nettoie de façon que le métal apparaisse partout où l'on veut que la surface soit nickelée.

3. *Le nickelage d'un beau blanc ou à peine jaunâtre s'effeuille au polissage :*

a. Le bain est alcalin. Il colore en bleu le papier tournesol. La réaction alcaline est causée le plus souvent par les dégraisseurs alcalins : chaux, potasse, soude ou leurs carbonates qui imprégnent les objets.

Dans ce cas, on additionne le bain d'acide sulfurique à 10 pour 100 par petites portions et en agitant jusqu'à ce que le bain colore légèrement en rouge le papier de tournesol bleu. Il faut éviter un excès.

b. Les objets sont insuffisamment débarrassés d'oxyde ou mal dégraissés. Sur les parties non métalliques, le nickelage n'adhère pas. S'il reste de l'huile dans les creux ou les trous de vis des pièces, cette huile s'étale sur les surfaces environnantes des objets et cause alors la non-adhérence du nickel.

Il faut donc avoir grand soin d'éliminer les oxydes et matières grasses de toutes les parties, puis de plonger immédiatement après les pièces dans le bain. L'huile qui surnage à la surface d'un bain doit être enlevée aussitôt par filtration.

c. L'intensité du courant est beaucoup trop forte. Le voltmètre montre une tension supérieure à 4 volts.

Dans ce cas, il faut augmenter le nombre d'objets ou diminuer l'intensité de courant de manière à ramener la tension entre 2,5 et 3 volts.

d. Le bain contient un grand excès d'acide sulfurique libre. Le traitement se fera alors comme en **2** *b*.

e. Le bain dont la réaction est convenable est très pauvre en nickel.

On traitera dans ce cas, comme il est décrit en **4** *c*.

4. *Pour un courant convenable, le nickelage devient noir ou présente des bandes noires sur les saillies ou les trous de l'objet.*

a. Le bain renferme des quantités nuisibles de métaux étrangers : cuivre, fer ou zinc. Ces métaux peuvent provenir de l'emploi de mauvais crochets de suspension des anodes, d'anodes impures, de sels de nickel impurs ou encore des objets introduits dans le bain.

Le cuivre se reconnaît par le dépôt qu'il produit sur

(1) Adolf BARTH, *Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXXI, 19 janvier 1913, p. 60.

les objets en fer qu'on trempe dans le bain. Il se reconnaît aussi par le dépôt rouge de cuivre qu'il produit sur les anodes de nickel laissées au repos dans le bain pendant la nuit. La présence du fer se décèle par le précipité jaune rougeâtre d'oxyde ferrique que produit un excès d'ammoniaque dans un échantillon de la solution.

Il faut éliminer les métaux étrangers de la manière indiquée en 2 *c*.

b. Le bain a la densité convenable (4°,8 à 7° B. ou poids spécifique 1,04 à 1,06), il est vert foncé; mais il manque de sel conducteur.

On ajoute alors du sel conducteur acide, dans la proportion de 2 à 3 kg environ pour 100 litres de bain.

c. Le bain, tout en ayant le poids spécifique voulu, est pauvre en nickel, ce qu'on reconnaît par sa coloration vert pâle.

Dans ce cas, on enlève une partie du liquide et l'on additionne de sel de nickel jusqu'à obtention de la teinte verte normale. Si le bain est trop fortement alcalin, on corrige comme en 3 *a*.

5. *Le nickelage paraît granuleux et sa surface poreuse possède de nombreux petits trous.*

a. Des particules de poussières ou de filaments flottent dans le bain ou sont apportées par les objets.

Il faut faire bouillir le bain, le filtrer et avoir soin de vérifier la réaction du bain.

b. La formation de bulles gazeuses donne le même défaut. On force les bulles à s'élever en frappant sur les tringles de suspension des objets; on fait bouillir le bain avec addition de carbonate de nickel, on filtre et l'on rend à nouveau le bain légèrement acide.

6. *Certaines parties des objets restent non nickelées.*

a. Un courant passant d'une façon irrégulière produit un nickelage en partie interrompu.

Il faut suspendre les objets de manière qu'ils soient régulièrement écartés des anodes, avoir soin de chauffer le bain à une température d'au moins 20° C.

Dans le cas où les objets possèdent des creux profonds, il est nécessaire d'introduire de petites anodes supplémentaires dans ces creux.

7. *Les objets nickelés présentent, après un long repos, des taches de rouille s'ils sont en fer ou des taches blanches si le métal des objets est du laiton.*

a. La cause de ces taches doit être attribuée à un défaut de nettoyage des objets nickelés et le plus souvent à l'eau de lavage impure. Les traces de liquide restant dans les pores du métal attirent l'humidité de l'air et donnent lieu à la formation de rouille et d'oxyde sur le métal. Il survient alors un dégagement gazeux dans les pores, et les bulles de gaz font éclater le nickelage.

Les objets nickelés doivent être lavés à fond à l'eau courante jusqu'à élimination complète de toute trace de liquide du bain. Ils sont ensuite traités dans l'eau absolument pure chauffée à l'ébullition. Ils restent dans cette eau jusqu'à ce qu'ils aient pris sa température. On les sort; on les essore rapidement, puis on les sèche dans la sciure chaude.

Le grand nombre de cas possibles d'insuccès peut faire paraître l'opération du nickelage comme très difficile. Il n'en est cependant rien si l'on suit bien les principales prescriptions qui sont :

1° Décapage convenable des objets qui ne doivent être plongés dans le bain que lorsque toute leur surface est purement métallique;

2° Conservation du bain à l'état de pureté, en évitant l'introduction de métaux étrangers, en n'employant que des sels de nickel purs et des crochets de suspension en nickel pur.

3° Réglage convenable du courant pendant le nickelage;

4° Lavage absolu des objets après nickelage de manière à éliminer toute trace de liquide du bain.

L. J.

CUIVRE.

Le raffinage électrolytique du cuivre aux États-Unis.

A la suite du Congrès international de Chimie appliquée tenu à New-York en septembre dernier, des facilités furent accordées aux congressistes pour visiter les usines américaines. L'un de ces congressistes donne, dans le *Journal du Four électrique et de l'Electrolyse*, du 15 février, les quelques renseignements pratiques qui suivent sur les grands établissements de raffinage électrolytique tels que Nichols, Raritan, Baltimore, qu'il a eu l'occasion de visiter :

« On emploie comme anodes des plaques de cuivre à 99,3-99,5, teneur facilement obtenue au four à réverbère et qui permet d'éviter la présence d'alliages mauvais conducteurs. On emploie des anodes de 1,10 m sur 0,30 m sur 0,18 ou 0,85 × 0,80 × 0,04, soit encore deux plaques réunies de 0,70 × 0,40 × 0,02.

» Les cathodes sont préparées par dépôt électrolytique d'une lame de cuivre épaisse de 0,5 à 1 mm, sur une plaque de cuivre enduite de suif.

» La composition de l'électrolyte varie de 10 à 15 pour 100 de SO^4Cu, 5 H^2O et de 5 à 11 pour 100 de SO^4H^2 libre. Comme température, on adopte généralement 65° C. La communication entre les cuves est assurée par des siphons, la vitesse de circulation dans une usine atteignant 20 litres par minute pour une cuve donnant environ 200 kg de cuivre par jour.

» Pour l'assemblage des cuves, le montage en dérivation est presque universellement adopté; les électrodes sont alors disposées parallèlement. On emploie des cuves en bois garnies intérieurement de feuilles de plomb. La distance entre les anodes et les cathodes varie de 3 cm à 5 cm.

» A Raritan, on a deux ateliers, l'un de 1800, l'autre de 1200 cuves, pour une production de 500 tonnes par jour. A Baltimore, on dispose de 400 cuves à six bains capables de 300 tonnes par jour.

» A Nichols, le montage en série est pratiqué. Les cuves sont en bois ou en ardoises goudronnées, mais non revêtues de plomb pour éviter les courts circuits. Les électrodes doivent être d'une épaisseur aussi uniforme que possible, et à Nichols on leur fait subir un martelage pour supprimer les inégalités d'épaisseur obtenues à la coulée. Dans cette usine, on dispose de 500 bains, chacun à 100 séries avec six anodes par série; la chute de potentiel entre deux plaques voisines est de 0,1 à 0,18 volt; la



densité de courant est la même que dans le système précédent, soit 160 ampères au mètre carré.

» Le montage en série présente sur celui en dérivation les avantages suivants :

» La quantité de cuivre nécessaire pour charger les bains est moindre; l'économie de cuivre employé pour conduire le courant est considérable; la consommation d'énergie pour un tonnage déterminé de cuivre électro est moindre, les électrodes étant à 2 cm les unes des autres au lieu de 3 cm.

» D'autre part, le montage en dérivation présente sur le montage en série les avantages suivants :

» Les cuves garnies de plomb s'usent beaucoup moins vite que celles en bois ordinaire; on évite les pertes de courant provenant de ce que la tension entre les plaques extrêmes du bain est élevée dans le montage en série; enfin l'inconvénient le plus grave du montage en série est le suivant : si l'on arrête le courant alors que le côté anode de certaines électrodes n'est pas complètement attaqué, on obtient un cuivre électro souillé par des impuretés en même temps que l'on perd les métaux précieux contenus dans la partie non attaquée, et si, au contraire, l'on prolonge l'électrolyse de manière que tous les côtés anodes soient certainement attaqués, les électrodes déjà transformées en cuivre électro continuent alors à s'attaquer, et l'on transporte inutilement le cuivre d'une électrode à l'autre, d'où perte d'énergie.

» En conclusion, il semble que le *montage en dérivation est adopté pour toutes les installations nouvelles*.

» La consommation d'énergie est d'environ 375 chevaux par tonne de cuivre dans le montage en dérivation et de 300 avec le montage en série.

» L'épuration de l'électrolyte s'effectue par élimination partielle et périodique. C'est ainsi qu'à Baltimore, lorsque l'électrolyte est jugé impur, on en retire environ $\frac{1}{5}$ qui est remplacé par une liqueur fraîche, on admet alors que les impuretés sont inoffensives. Le traitement de l'électrolyte impur comprend le passage dans une série de cuves remplies de grenailles ou déchets de cuivre, où l'on injecte un courant de vapeur et d'air. L'électrolyte ainsi neutralisé est ensuite évaporé à 30°-38° B. puis envoyé à la cristallisation. On récupère le cuivre de l'eau mère de cristallisation par électrolyse avec anodes en plomb et cathodes en cuivre; la liqueur est ensuite évaporée de nouveau et envoyée aux cristallisoirs pour la fabrication du sulfate de nickel; l'eau mère étant évaporée est traitée pour acide arsénieux et acide sulfurique.

» A Baltimore, on fabrique 50 tonnes de sulfate de cuivre par jour; le sulfate obtenu par évaporation de l'électrolyte est souvent si impur qu'il doit être recristallisé avant d'être employé de nouveau. A Raritan, on soumet l'électrolyte impur à une électrolyse avec anodes en plomb et cathodes en cuivre, mais avec une intensité de courant telle que l'arsenic et l'antimoine sont déposés presque entièrement et n'entraînent qu'un faible dépôt de cuivre. Pratiquement on obtient un précipité à 40 pour 100 au moins de cuivre. Ce mélange est employé pour la fabrication de certaines couleurs vertes et l'on peut récupérer la majeure partie de l'acide arsénieux.

» Quant aux boues, elles sont recueillies dans une cuve en plomb supportée par un support en plomb reposant sur le fond de la cuve d'électrolyse. Voici le traitement de ces boues dans les trois usines :

» A Raritan, elles sont d'abord lavées sur un tamis à 8 mailles par pouce, puis sur un autre à 80 mailles; les grenailles étant refondues pour anodes. Les boues vont ensuite dans des caisses de dépôt, chacune communiquant avec six agitateurs, où les boues sont soumises à l'action de l'acide sulfurique dilué et du nitrate de soude, en même temps que l'on y injecte de l'air et de la vapeur d'eau. On laisse ensuite déposer la masse et l'on siphonne la solution. La liqueur est envoyée dans des cuves et le dépôt traité à plusieurs reprises par de l'acide sulfurique concentré bouillant. De nouveau, on laisse déposer et l'on siphonne, ce qui donne une nouvelle liqueur et un nouveau dépôt. Les deux liqueurs ainsi obtenues sont réunies et l'on y plonge des lames de cuivre qui donnent un dépôt contenant environ 65 pour 100 d'argent; ce dépôt lavé soigneusement, séché au filtre-presse, est fondu avec du borax et nitrate de soude, aussi rapidement que possible, dans un petit réverbère chauffé au bois, on coule en petites anodes le métal précieux, et son électrolyse en solution faiblement nitrique, avec cathodes en carbone, donne de l'argent à 98 pour 100 qui est vendu aux affineries.

» Quant au deuxième dépôt, il est fondu avec du nitre dans une chaudière, et l'or métal coulé en petits lingots titrant environ 98 pour 100 d'or, qui sont alors livrés à une raffinerie.

» Les liqueurs cuivriques provenant des différentes attaques des boues et de l'électrolyse de l'argent sont précipitées par le fer; le cuivre de cément obtenu est fondu pour barres de cuivre impur contenant souvent plus de 2 pour 100 de bismuth. Dans ce cas, on le soumet à l'électrolyse en solution sulfurique avec une densité de courant très faible. Les boues qui contiennent la totalité du bismuth sont traitées par l'acide sulfurique très dilué à chaud, lavées, traitées par l'acide chlorhydrique qui dissout le bismuth, lequel est ensuite précipité à l'état de sel basique par dilution de la solution. Dans la fusion au nitre du deuxième dépôt, on obtient une scorie riche en sélénium et tellure, souvent plus de 15 pour 100 de ces deux éléments à l'état de sélénite et tellurite de soude. On ne récupère pas ces éléments, dont le marché est insignifiant, mais la scorie réunie à celle obtenue lors de la fusion au nitre et borax de la mousse d'argent est ajoutée, dans un four de coupellation, à du plomb qui rassemble l'argent entraîné jusqu'à 60-65 pour 100 d'argent, lequel est alors envoyé à des affineries.

» A Baltimore, les boues sont d'abord traitées par l'acide sulfurique dilué en présence d'un courant d'air, injecté par Kœrting à jet de vapeur; ce qui enlève ainsi la majeure partie des impuretés : arsenic, antimoine, cuivre. On décante et les boues sont séchées au filtre-presse, puis fondues à un four de coupellation. Le bain se couvre d'une scorie noirâtre qui est enlevée, refroidie, broyée et triée pour extraire les plus gros grains d'argent, qui sont ajoutés au bain en même temps que du nitrate de soude à deux reprises, on obtient une scorie qui contient le sélénium et le tellure. Le métal précieux coulé en anodes est ensuite électrolysé comme à Raritan, en liqueur faiblement nitrique avec cathodes en graphite, ce qui donne de l'argent à 98,5 pour 100 et une liqueur



contenant le bismuth et le cuivre. Le bismuth est précipité à l'état d'hydrate d'oxyde par dilution, et le schlamm résultant de l'électrolyse est séché et fondu pour or avec du nitre, donnant ainsi un lingot à 97-98 pour 100 d'or. Quant aux scories, elles sont fondues avec des déchets de plomb, comme à Raritan.

» A Nichols, on emploie un procédé se rapportant beaucoup à celui de Mœbius, qui consiste à sécher les boues, les fondre et couler en anodes électrolysées en bain légèrement sulfurique d'azotate de cuivre avec faible densité de courant. Le cuivre se dissout et se dépose sur les cathodes en cuivre, tandis que l'argent et l'or tombent au fond de la cuve à l'état de schlamm. Le bismuth passe dans la liqueur de l'électrolyse, où il s'accumule et d'où on l'extrait par la méthode ordinaire de dilution. Le schlamm auro-argentifère est fondu et soumis à l'affinage électrolytique en solution diluée, légèrement acide d'azotate d'argent, avec des lames d'argent comme cathodes.

» A Raritan et Baltimore, on a essayé les procédés Beth, mais ceux-ci, remarquables pour le traitement des schlamms d'électrolyse de plomb sont, paraît-il, peu intéressants pour le traitement des boues d'électrolyse du cuivre.

» En ce qui concerne le *prix du raffinage électrolytique*, il est actuellement, paraît-il, légèrement inférieur à 50 fr par tonne. »

OR ET ARGENT.

Affinage électrolytique de l'or et de l'argent et extraction électrolytique de ces métaux.

Les notes suivantes résument les procédés employés soit pour l'affinage des métaux bruts, soit pour l'extraction de l'or de ses minerais, soit pour l'extraction de l'argent de ses alliages avec le cuivre.

1° *Affinage électrolytique d'anodes en or brut par le procédé Wohlwill.* — Les impuretés sont constituées par du Pb, du Pt, de l'Ag, du Pd, Yr, Ru; l'électrolyse se fait à chaud en solution chlorhydrique.

Le plomb se dissout d'abord et peut être précipité par $H^2 SO^4$. La plupart du chlorure d'argent se dépose au fond de la cuve. Le platine et le palladium ne se déposent pas sur la cathode tant que le premier n'atteint pas 50 à 60 g par litre et le second 59.

Si la densité du courant ne dépasse pas 1,000 ampère par mètre carré et si l'on renouvelle de temps en temps l'électrolyte, le dépôt d'or se fait régulièrement; il est très rare que son titre descende sous 999,8 pour 1000.

Ce procédé est appliqué à la monnaie de Philadelphie.

Les solutions employées contiennent 30 g d'or par litre et sont à une température de 50° à 55° C. L'or de l'Alaska, qu'on y traite, contenant suffisamment de cuivre (4 pour 100), on ne peut traiter que 50 kg d'or dans un même bain, après quoi il devient nécessaire de renouveler la liqueur.

2° *Extraction électrolytique de l'or des minerais.* — Il existe aujourd'hui deux sortes de procédés appliqués : dans le procédé Mac Arthur-Forest, l'or, concentré et dissous par une solution assez forte de cyanure de potassium (0,35 pour 100), est déposé sur des fragments de zinc; dans le procédé Siemens et Halske, la solution de cyanure est plus faible (0,05 à 0,08 pour 100) et l'or est récupéré par électrolyse.

Pour permettre aux solutions cyaniques faibles de déposer leur or sur le zinc, Betty traite d'abord celui-ci par une solution d'acétate de plomb, jusqu'à ce que 5 pour 100 de zinc soient remplacés par du plomb; ce couple plomb-zinc décompose les solutions d'or même faibles.

Le dépôt brun noir, d'or, est enlevé de temps en temps, et le zinc dissous à $H^2 SO^4$; mais l'or est mêlé de cuivre, d'antimoine et d'arsenic.

Le procédé Siemens-Halske est beaucoup plus simple et plus avantageux. Les anodes sont en tôle de fer, les cathodes en plomb, qui prend de 1 à 12 pour 100 d'or.

Neumann a proposé des cathodes en charbon : ceci offrirait l'avantage de pouvoir faire servir ces plaques recouvertes d'or, comme anodes pour l'affinage au chlorure, ce qui donnerait directement un métal de 998 à 1000 pour 1000.

Le Tableau suivant fournit les éléments de comparaison du procédé Mac Arthur-Forest et du procédé Siemens-Halske :

	Mac Arthur.	Siemens.
Concentration de la solution	0,3	0,01-0,08
Consommation de zinc	considérable	nulle
Surveillance de la précipitation	très active	faible
Traitement du dépôt	compliqué	simple et sans pertes
Qualité de l'or	900	950

Ces deux procédés traitent des liqueurs préparées d'avance. Peletan et Clerici veulent exécuter dans un même appareil la dissolution du minerai et l'extraction de l'or du bain. Cet appareil se compose d'une cuve verticale contenant un cylindre en fer (anode) et une cathode en cuivre éloignée de l'anode de 10 à 16 cm.

L'anode, par son mouvement de rotation, mélange la pulpe de minerai (3 parties de liquide pour 5 de minerai).

Avec un courant de 16 ampères par mètre carré et de 5 à 14 volts, une cuve de 2 à 7 m de diamètre traite en un jour 5 tonnes de minerai. Mais 1 kg d'or n'étant, en général, contenu que dans 50 tonnes de minerai, et dans le double, après amalgamation, on conçoit les quantités énormes de matière qu'il faut remuer, dans ce procédé, qui exige, en outre, une grande surveillance.

3° *Affinage électrolytique de l'argent brut.* — L'appareil classique pour l'affinage électrolytique de l'argent est celui de Mœbius; dans une cuve en bois (ou en grès) sont disposées des anodes d'argent brut à 95 pour 100, de 12 × 25 cm, tandis qu'à 5 ou 6 cm de celles-ci sont les cathodes, minces lames d'argent fin; l'électrolyte est une solution de 0,5 à 1 pour 100 de nitrate d'argent additionné de 0,1 à 1 pour 100 d'acide nitrique.

Pour permettre de recueillir sans interruption le dépôt d'argent, Mœbius construit dans la suite un appareil dont la cuve est très peu profonde, et où les anodes sont disposées horizontalement dans une série de petites caisses dont le fond est formé par une toile : sous les anodes se trouve la cathode, longue bande flexible, sans fin, formée d'argent fin. Cette bande métallique passe sur des rouleaux en bois, à une vitesse de 10 cm à la minute, en émer-

geant du bain sur une partie de son parcours. La cathode ayant été enduite d'une mince couche de graisse, l'argent déposé n'y adhère pas, et peut être aisément enlevé au moyen de brosses.

Cet appareil a été en usage à Denver (Colorado) et fonctionne à Monterey (Mexique).

Un autre appareil à électrodes horizontales est celui de Balbach, plus simple que le précédent. Il consiste en une cuve en porcelaine de 60 × 60 × 18 cm, dont le fond est incliné en partie; les cathodes sont en graphite; les anodes sont, comme dans l'appareil Mabius, contenues dans des caisses dont le fond est en toile. Aucun dispositif ne sert à agiter l'électrolyte. L'argent est facilement enlevé des cathodes de graphite.

La consommation d'énergie est plus grande que dans l'appareil Mabius de l'ancien modèle; mais les anodes sont complètement dissoutes, à la longue, à cause de leur disposition horizontale, et ne laissent donc pas de résidu devant être fondu à nouveau.

La simplicité de l'appareil et de sa manœuvre semble compenser les quelques inconvénients qu'il offre au point de vue de la consommation d'énergie.

4° *Extraction électrolytique de l'argent des alliages* (Cu × Ag). — Le principal procédé de cette catégorie est celui de Dietzel. La cellule électrolytique est séparée en deux compartiments par un diaphragme, sous lequel se trouve l'anode (en général, celle-ci contient 5 à 7 pour 100 Au, 25 à 50 pour 100 Ag, 40 à 65 pour 100 Cu, 5 pour 100 Zn, Sn, Pb, Pt, Cd, Fe, Ni). Le compartiment supérieur contient deux cathodes cylindriques contiguës, en cuivre, tournant horizontalement; entre elles arrive l'électrolyte, solution faiblement acide de nitrate de cuivre (2 à 5 pour 100 Cu, 0,05 à 0,4 pour 100 $H\,Az\,O^4$ libre); à travers le diaphragme, cette liqueur arrive à l'anode, où elle dissout le cuivre, l'argent et un peu de fer et de plomb; de là, la solution riche en cuivre et en argent traverse plusieurs cuves de cémentation contenant des morceaux de cuivre sur lesquels l'argent se dépose, tandis que la liqueur s'enrichit d'une quantité de cuivre équivalente. Finalement, la liqueur, devenue presque exclusivement cuivrique, revient dans la cuve à électrolyse.

Les résidus anodiques contiennent de l'or, un peu d'argent, des traces de cuivre, du plomb et de l'étain.

CHLORURES DÉCOLORANTS.

Étude sur la préparation électrolytique de l'hypochlorite de sodium [1].

L'auteur a entrepris, de mai 1910 à janvier 1912, aux laboratoires de l'École technique de Dresde, une longue série de recherches sur la préparation électrolytique de l'hypochlorite de sodium. Ces recherches peuvent se résumer comme suit :

1. On a d'abord recherché la densité anodique donnant le maximum de concentration d'hypochlorite (C_{ClO}) dans des solutions très concentrées (cinq fois normales) de NaCl, avec des anodes en platine poli et en platine platiné. Avec le platine poli, la concentration en hypochlorite pouvait atteindre 88 g Cl actif par litre pour une densité de courant de 14,3 ampères par centimètre carré avec un court fil de platine poli.

2. A côté de la densité de courant, la forme de l'anode joue également un rôle essentiel dans l'obtention de la teneur maxima en hypochlorite. Les anodes massives, de préférence les plaques, sont plus avantageuses que les toiles métalliques pour la même densité de courant rapportée à la surface de l'anode. C'est qu'en effet la couche de diffusion ou couche anodique se forme mieux avec les plaques, ce qui rend possible que pour une concentration (C_{ClO}) relativement grande dans l'électrolyte, la concentration ($C_{\overline{ClO}}$) des ions $\overline{ClO}$ dans le voisinage immédiat de l'anode prenne une part considérable aux actions de décharge.

3. Le platinage noir de l'anode ne montre les avantages connus, dans une solution cinq fois normale de NaCl, que jusqu'à la densité de courant anodique $D_a = 0{,}44$ ampère par centimètre carré et aussi seulement par l'emploi d'anodes massives. Avec cette densité de courant, on atteignait 48 g de chlore actif par litre pour un rendement de 0,91. Avec des densités de courant plus élevées et surtout avec des électrodes en forme de grille ou de réseau, survenait relativement plus tôt un fort dégagement d'oxygène, de sorte qu'il n'était pas possible d'obtenir une richesse en hypochlorite aussi grande que pour la même densité avec le platine poli.

4. L'avantage spécifique du platinage noir est le plus important après polarisation cathodique préalable. Celle-ci agit en retardant le moment où survient le fort dégagement d'oxygène anodique. Par une rapide inversion du sens du courant, un mauvais platinage anodique peut être régénéré. L'auteur a fait aussi quelques essais avec le platinage gris d'Heraeus.

5. En accord avec les travaux antérieurs, quelques recherches effectuées à 30° C. avec des anodes massives (aussi bien polies que platinées) montraient une diminution de la concentration maxima d'hypochlorite. Des essais à 0° C. et $D_a = 0{,}11$ ampère par centimètre carré indiquaient une concentration en hypochlorite qui ne dépassait pas celle à 15° C., car des troubles secondaires, en particulier la cristallisation d'hydrate de chlore, influencent le cours normal de l'électrolyse. A l'anode platinée, le platinage se détachait.

6. Par une agitation mécanique, on diminue fortement la concentration maxima d'hypochlorite. L'agitateur tournant à 400 tours par minute, par exemple, la teneur en Cl actif de l'hypochlorite descendait à 19,5 g par litre, au lieu de 34 g au repos. La dernière influence continue lorsqu'on soumet alternativement au repos et à l'agitation. On prouve ainsi que le dégagement gazeux seul n'est pas capable d'abaisser à son minimum la couche de diffusion dans le voisinage immédiat de l'anode.

7. En diminuant la concentration du sel (de la concentration 5 fois normale à celle 2 fois et 1,1 fois normale), la concentration maxima d'hypochlorite et le rendement correspondant diminuent. En outre, dans les solutions plus étendues, quand on diminue la densité de courant, le platinage ne présente plus ses avantages spécifiques parce que l'oxygène survient plus tôt dans les solutions

[1] Paul-H. PRAUSNITZ, *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. XVIII, 1er décembre 1912, p. 1025.

étendues de chlorure. D'autre part, dans une solution 1,1 fois normale, l'allure de l'enrichissement en hypochlorite n'est que très peu influencée par les variations de température entre 17° et 45° C.

8. Les essais, effectués sur les substances capables d'empêcher la réduction cathodique en solution concentrée de NaCl et avec deux électrodes en réseau de platine, ont donné les résultats suivants : l'addition de chromate donne la meilleure protection contre la réduction. L'emploi de chaux et d'huile de ricin sulfonée, d'après le brevet allemand 205 087 de Thieles, donne jusqu'à 20 pour 100 de réduction, mais, malgré cela, permet d'obtenir une concentration maxima d'hypochlorite supérieure de 30 pour 100 à celle obtenue avec le chromate. L'huile de ricin sulfonée agit anodiquement, vraisemblablement par formation d'une couche mince protectrice sur l'anode, comme une forte augmentation de densité de courant. Cette activité anodique croît avec la quantité d'huile ajoutée. Les meilleurs résultats, au point de vue de la plus forte concentration en hypochlorite et du rendement le plus élevé, sont obtenus en combinant les additions de chromate et d'huile de ricin sulfonée. C'est ainsi qu'on a pu atteindre une concentration d'hypochlorite correspondant à 62 g Cl actif par litre avec un rendement de 62 pour 100 dans une solution de NaCl cinq fois normale. Par l'emploi du ciment de Portland dans la construction de l'élément, on obtient une amélioration, aussi bien à la cathode qu'à l'anode, des conditions d'essai qui favorisent l'enrichissement en hypochlorite.

Les résultats suivants sont relatifs aux essais effectués avec circulation de lessive.

9. Par la construction d'un électrolyseur avec circulation d'électrolyte, d'après l'ancien procédé Kellner, on abaisse la concentration maxima d'hypochlorite de 12 à 20 pour 100, ce qui est causé d'un côté par le mouvement de l'électrolyte et, d'un autre côté, par l'absorption de l'acide carbonique de l'air par l'électrolyte avec formation secondaire de chlorate.

10. Dans un modèle établi d'après le nouveau procédé Kellner avec électrodes bipolaires horizontales en réseau, la concentration maxima d'hypochlorite était indépendante de la densité de courant, de la vitesse de circulation de l'électrolyte et de la température. Il était, par contre, essentiel pour la bonne marche de l'appareil que l'anode soit disposée au-dessous de la cathode. La concentration du chlorure et la substance ajoutée avaient une influence considérable, dans le même sens que celui indiqué aux points 7 et 8. Le rendement du modèle utilisé était très comparable à celui de l'appareil technique, ainsi que l'indiquent les chiffres suivants :

	Na Cl en pour 100.	Cl actif de l'hypochlorite en g : l.	Cl actif de l'hypochlorite en kg : kw-h.
Modèle de l'auteur..	16,7	20	6,3
Appareil technique..	15	21	5,6

Les valeurs les plus élevées obtenues jusqu'à ce jour l'ont été avec addition de chromate et d'huile de ricin sulfonée. On a pu obtenir ainsi 68 g Cl actif (de l'hypochlorite) par litre avec un rendement de 41 pour 100 dans une solution cinq fois normale de NaCl.

11. L'auteur a fait des essais sur un modèle d'après l'appareil Schuckert et Co avec cathodes en charbon et anodes en feuilles de platine. Il n'a essayé que les solutions de NaCl à 10 pour 100. Ici également, la densité de courant ne présentait qu'une faible influence. Les meilleures valeurs étaient obtenues avec addition de chromate. L'addition de chlorure de calcium et de colophane, d'après le procédé Schuckert, donnait de moins bons résultats. Les valeurs constatées avec le modèle ne paraissent pas aussi favorables que celles données par l'appareil industriel, en partie à cause de la courte durée totale de l'essai avec le modèle, en partie par suite de quelques différences de construction.

12. En effectuant des essais sur l'appareil original de E. Weichert, l'auteur a vérifié les chiffres favorables garantis en employant des solutions très étendues de sel (5°,5 Baumé) avec addition de chromate et pour des concentrations faibles d'hypochlorite (8 à 10 g Cl actif par litre). L'intensité de courant étant 14 ampères et la tension 95 volts, la consommation d'énergie n'est que de 3,6 à 4 kilowatts-heures par kilogramme de Cl actif pour une vitesse d'écoulement de la solution de 40 l par heure. D'après ce qui a été dit au point 7, la température de l'électrolyte en circulation pouvait atteindre ici sans inconvénient 30° à 40° C., ce qui rend superflu le refroidissement de l'électrolyte dans cet appareil.

L. J.

ÉPURATION ÉLECTROLYTIQUE.

La séparation électrolytique de l'huile des eaux de condensation (1).

On sait que la vapeur d'échappement entraîne avec elle de l'huile soit mécaniquement, soit à l'état de vapeur. On compte en général une partie d'huile pour 5000 à 10 000 parties de vapeur.

Les séparateurs d'huile ordinairement employés ne retirent guère que 75 pour 100 de cette huile. Les 25 pour 100 qui restent vont au condenseur et produisent dans l'eau de très petits corpuscules sphériques. Ceux-ci forment une couche à la surface et ont la particularité d'être chargés électriquement, ce qu'on peut mettre en évidence par l'action sur un champ magnétique. Cette couche peut être traitée comme une véritable solution colloïdale. Ainsi pour une charge négative des corpuscules d'huile, on peut obtenir la précipitation par action d'une solution colloïdale, comme l'hydroxyde de fer colloïdal, chargée de sens contraire. C'est sur cette propriété que repose le procédé Davis-Perret pour la séparation de l'huile.

Ce procédé consiste à électrolyser l'eau condensée à l'aide d'électrodes en fer en présence de carbonate de sodium destiné à augmenter la conductibilité de l'eau. Quel que soit l'électrolyte, il se forme un sel basique par suite de l'alcali qui se rend à l'anode. Le précipité formé entraîne l'huile, de sorte qu'après filtration de la solution électrolysée toute l'huile a disparu. Si le traite-

(1) W. Heym, *Elektrochemische Zeitschrift*, t. XIX, 1912, p. 91.



ment se fait à froid, il faut laisser la solution déposer quelque temps avant la filtration, car sans cela il resterait dans l'eau filtrée un peu du composé de fer à l'état colloïdal. Ce fait ne se présente pas lorsqu'on fait le traitement à chaud, à la sortie du condenseur.

Le procédé Davis-Perret élimine 98,5 pour 100 de l'huile, de sorte qu'il n'en reste qu'une partie pour 100 000 de parties d'eau.

Pour le traitement de 1000 l à l'heure, en employant 50 plaques de fer, on dépense 0,44 ampère sous 230 volts, soit 111,2 watts-heures. En comptant le kilowatt-heure à 20 centimes, le coût de l'énergie n'atteint pas 2,5 centimes. Comme dépense de carbonate de sodium, on peut compter, au cours de 137,5 fr la tonne, seulement 2 5 centimes pour 1000 l d'eau. Les électrodes bipolaires en fer devant être remplacées quand leur épaisseur devient inférieure à 6 mm, on peut compter sur une durée de 2 ans avec 12 heures d'exploitation par jour. La dépense correspondante est donc absolument négligeable. La très petite quantité d'alcali qui reste dans l'eau est avantageuse, car elle a pour effet de retarder l'attaque du fer dans les chaudières.

L. J.

Commerce français des produits du four électrique en 1912. — Notre confrère le *Journal du Four électrique et de l'Electrolyse* donne, dans son numéro du 15 février, les renseignements suivants sur le mouvement des importations et des exportations des produits du four électrique en France :

« *Aluminium.* — A la base de l'industrie de l'aluminium se trouvent la bauxite et l'alumine anhydre qui sont les matières premières servant à la fabrication de ce métal.

» En 1912 la France a exporté 143 843 tonnes de bauxite contre 154 218 et 114 314 en 1911 et 1910. L'extraction de ce minerai dans le Var continue sa progression bien que le stock fût estimé à 500 000 tonnes au début de 1912. Les livraisons dans ce seul département ont été de 210 000 tonnes provenant surtout des carrières situées dans les communes de Mazaugues, le Cannet-du-Luc, le Thoronet et Cabasse. On a installé au Cannet-du-Luc une usine pour l'essai de la fabrication d'émeri par calcination de la bauxite riche.

» Dans les Bouches-du-Rhône quatre carrières ont été en activité pendant l'année sur le territoire des communes de Baux, Paradou et Maussane, et malgré les gisements très importants qui existent dans cette région, il n'est pas à prévoir que les travaux soient appelés à se développer en raison de la teneur insuffisante en alumine, laquelle ne dépasse que rarement 54 pour 100. La production a été de 7000 tonnes environ.

» Il y a lieu de signaler dans l'Hérault, parmi les carrières de bauxite les plus importantes, les exploitations de Villeveyrac, Loupian et de Bédarieux.

» Où vont les bauxites expédiées hors de France ? En voici le détail pour l'année 1911 :

	tonnes
Russie	26 200
Angleterre	40 620
Allemagne	25 611
Pays-Bas	30 887
Belgique	6 932
Autriche-Hongrie	6 675
États-Unis	33 189
Canada	6 000
Divers	1 682
Total	154 216

» Une partie des bauxites rouges exemptes de silice sert à la fabrication de l'alumine anhydre. La France a exporté, en 1912, 8280 tonnes d'alumine anhydre contre 8800 et 4232 en 1911 et 1910. Les importations qui jadis étaient fort importantes sont tombées à zéro. Les exportations sont en décroissance légère sur 1911 par suite de la demande plus forte des fabriques françaises d'aluminium dont la production a un peu augmenté l'année dernière. La plus grande partie de l'alumine exportée provient de l'usine de Marseille, filiale de la Société de Neuhausen.

» Voici le détail des exportations pour 1911 :

	tonnes
Suisse	7078
Belgique	115
Zone franche	1609
Total	8802

» L'alumine pour la zone franche est destinée à l'usine de Chedde.

» Avant d'aborder l'aluminium signalons que nos exportations de sulfate d'alumine sont en décroissance : 423 tonnes en 1912, contre 978 et 874 en 1911 et 1910. Nos importations de sulfates et sels d'alumine qui étaient très importantes autrefois sont tombées à presque rien aujourd'hui (86 tonnes seulement en 1912). Le temps a formellement condamné la théorie des financiers belges qui, pour justifier la création de l'usine de Ménessis, s'appuyaient sur les larges perspectives d'importation de sulfate d'alumine en France.

» Les importations d'aluminium sont toujours pratiquement nulles. Quant aux exportations elles ont été de 6604 tonnes en 1912, contre 4054 et 4147 en 1911 et 1910. Cette augmentation de 65 pour 100 est tout à fait remarquable. Sur ce chiffre de 6604 tonnes il y a eu 846 tonnes d'aluminium transformé (fils, tôles, poudre, etc.) alors qu'on ne comptait que 152 et 121 tonnes les années précédentes. Ces résultats montrent qu'on commence en France à vendre, non plus seulement le métal brut, mais encore l'aluminium transformé en matériaux et objets les plus divers. Et cela justifie parfaitement la création de la grande usine de Chambéry destinée à ouvrer le métal.

» Voici le détail des expéditions d'aluminium par pays de destination pour l'année 1911 :

	Aluminium en lingots. quintaux
Russie	1 759
Danemark	875
Grande-Bretagne	2 813
Allemagne	16 379
Belgique	554
Suisse	12 928
Japon	1 608
Etats-Unis	870
Divers	1 170
Colonies	114
Total	39 070

	Aluminium ouvré. quintaux
Grande-Bretagne	566
Allemagne	457
Belgique	333
Divers	148
Colonies	22
Total	1526

» C'est l'Allemagne et la Suisse qui sont nos principaux clients, mais en 1912 la part des États-Unis s'est certainement élevée puisque ce pays a importé 80 000 quintaux, partie du Canada, partie d'Europe.

» *Carbure de calcium.* — Voici le mouvement de commerce du carbure en France pour les trois dernières années :

	1912 tonnes	1911 tonnes	1910 tonnes
Importations	3302	2162	445
Exportations	6225	5058	4824

» Les importations de carbure proviennent presque uniquement des usines situées dans la zone franche (Le Giffre). Le détail est de 21 243 quintaux de cette zone, 70 de la Belgique, 226 de la Suisse et 86 de diverses sources.

» Nos exportations croissent régulièrement par suite surtout du développement de l'éclairage à l'acétylène dans nos Colonies qui constituent au delà des mers le débouché le plus sérieux des fabriques françaises. En voici le détail pour l'année 1911 :

	quintaux
Algérie	39375
Tunisie	4431
Sénégal	258
Côte d'Afrique	457
Madagascar	918
Indo-Chine	3468
Divers	131
Total	49034

	quintaux
Belgique	411
Suisse	4
Espagne	170
Italie	4
Turquie	131
Maroc	526
Côte d'Afrique	93
Divers	208
Total	1547

» Ce carbure est expédié brut pour net et, en réalité, le tonnage exact doit être ramené de 50 581 quintaux à 42 494 seulement.

» *Nitrate de chaux, cyanamide.* — Les importations de nitrate de chaux et cyanamide groupées ensemble ont atteint 3160 tonnes en 1912, contre 1664 et 614 en 1911 et 1910. Les exportations se sont élevées respectivement à 788, 850 et 671 tonnes.

» Le nitrate importé vient de Norvège et la cyanamide de Suisse. Pour 1911 les statistiques en groupant les deux produits donnent le détail suivant :

	quintaux
Norvège	8519
Allemagne	98
Belgique	10
Suisse	8019
Total	16646

» *Ferro-silicium, ferros divers.* — Voici le mouvement commercial du ferro-silicium et des ferros divers :

Ferro-silicium.

	1911. tonnes	1912. tonnes
Importations	1677	753
Exportations	3598	3766

Ferros divers.

	1911. tonnes	1912. tonnes
Importations	206	157
Exportations	6749	6531

» Ces chiffres comprennent quelques ferros fabriqués au haut fourneau, mais nous croyons que la plus grande quantité provient du four électrique. Ils n'indiquent pas qu'il se soit produit des changements sérieux d'une année à l'autre. N'oublions pas que certaines importations proviennent des usines de la zone franche.

» Voici le détail des expéditions par pays de destination pour 1911 :

Ferro-silicium.

	tonnes
Russie	2063
Grande-Bretagne	1988
Allemagne	12265
Belgique	16216
Divers	5081
Indo-Chine	50
Total	37663

Ferros divers.

	tonnes
Grande-Bretagne	23903
Allemagne	9245
Suisse	16720
Italie	3676
États-Unis	2564
Divers	9210
Total	65318

» Les États-Unis qui étaient jadis de bons clients pour nos usines à ferros ont diminué leurs demandes, alors même que plusieurs lots portés comme expédiés sur les ports allemands ou anglais peuvent bien être destinés aux consommateurs américains.

» *Chlorates et chlorures.* — Nous en aurons terminé avec cette étude quand nous aurons signalé que les exportations de chlorate de potassium sont en sensible augmentation (1746 tonnes en 1912 contre 425 tonnes en 1911), et que celles du chlorure de chaux se maintiennent à 13 000 tonnes. »

La fabrication des composés oxygénés de l'azote au moyen des gaz de fours à coke. — Jusqu'ici la combinaison des deux éléments de l'air n'avait pu être industriellement réalisée qu'au moyen du four électrique. Comme d'après la théorie de Nernst la production des oxydes de l'azote dans le four électrique est due, au moins pour la majeure partie, à ce que l'azote et l'oxygène son portés à une très haute température et que les produits de leur combustion sont refroidis brusquement, il était à prévoir que l'on obtiendrait également la combinaison des éléments de l'air par l'explosion d'un mélange d'air et d'un gaz combustible, les conditions de très haute température et de refroidissement brusque se trouvant réalisées ainsi. En fait, on sait depuis longtemps que l'explosion de tels mélanges est accompagnée de la formation d'oxyde azoteux; mais comme la théorie ne prévoyait qu'un rendement trop faible pour une exploitation économique, on n'avait jamais essayé de tirer partie de ce phénomène.

Les expériences récentes du professeur F. Häusser, de Herringen (Westphalie) viennent de montrer qu'en opérant dans certaines conditions on peut réaliser un rendement dépassant de plus de 100 pour 100 le rendement théorique. La fixation de l'azote de l'air par explosion d'un mélange détonant peut dès lors devenir industriellement possible et venir concurrencer les procédés électrochimiques actuellement en usage. A ce point de vue la question intéresse les électriciens; nous croyons donc utile d'indiquer ici, d'après un article récent de M. Dobbestein (*Glückauf*, n° 8, 1912), les résultats obtenus actuellement par ce nouveau procédé.

Le premier appareil d'essais de M. Häusser se composait essentiellement d'un compresseur à soupapes multiples et d'une bombe à explosion. Le compresseur, pendant plusieurs rotations, lance un mélange explosif de gaz et d'air dans la bombe, jusqu'à ce qu'une pression suffisante y soit établie. C'est alors que se produisent l'allumage du mélange et, immédiatement après l'explosion, son évacuation. Le compresseur qui, en attendant, a fonctionné à vide

injecte, après l'évacuation du mélange, de l'air pur qui balaie les gaz d'échappement; après quoi, la soupape de sortie s'étant fermée, la même suite d'opérations recommence. Comme la soupape d'échappement s'ouvre immédiatement après le moment de la pression maxima, le mélange explosif peut se détendre rapidement, en se refroidissant fortement. Ainsi, le refroidissement, si nécessaire au bon rendement du procédé, est obtenu même sans l'injection d'eau que M. Häusser employait dans ses recherches au laboratoire.

Ce dispositif vient d'être modifié de façon à permettre la combinaison d'un groupe compresseur donné avec un nombre quelconque de bombes. La bombe est, en effet, séparée du compresseur, et le compresseur auparavant employé est remplacé par deux compresseurs à air et à gaz respectivement. Les gaz de combustion sortant de la bombe traversent un système de serpentins disposés dans une cuve de refroidissement. Les gaz refroidis se rendent vers la tour d'oxydation, d'où ils sont évacués à travers une petite tour terminale.

M. Häusser se sert de gaz d'éclairage d'une composition pratiquement identique à celle des gaz des fours à coke. Il produit 55 à 80 g d'acide nitrique par mètre cube de gaz, avec une pression nitiale de 3 à 4 atm respectivement. Ces valeurs sont portées à 80 et 125 g respectivement (pour des pressions de 3 à 5 atm), grâce à un chauffage préliminaire de l'air de combustion. En ajoutant à ce dernier de l'oxygène pur, on obtient même des rendements de 105 à 130 g respectivement (pour des pressions initiales de 3 à 4 atm.).

Alliages d'aluminium et de zinc. — Le docteur Walter Rosenhain et M. S.-L. Archbutt ont consigné le résultat de leurs recherches sur les alliages d'aluminium et de zinc, dans le dixième rapport qu'ils ont remis à l'Alloys Research Committee. Plusieurs faits intéressants se dégagent de ces études.

On savait déjà que l'addition de zinc à l'aluminium facilite la coulée de ce dernier, mais on croyait jusqu'ici que ces alliages offraient deux défauts graves; on affirmait qu'ils étaient sujets à se fendiller en se refroidissant, surtout quand la forme des objets moulés s'y prêtait particulièrement bien; en second lieu, on pensait que ces alliages étaient exposés à une rapide corrosion. Les auteurs n'ont pas trouvé que ces préventions fussent justifiées, et la corrosion paraît être due, dans la plupart des cas, à la présence d'impuretés dans le zinc.

Au point de vue des propriétés mécaniques de ces alliages, on estimait aussi qu'ils étaient particulièrement peu résistants aux efforts de vibration et aux chocs. Ici encore, les résultats des recherches entreprises n'ont pas confirmé cette opinion. En général, la chaleur semble exercer une influence considérable sur la faculté qu'ont ces alliages de se laisser travailler mécaniquement; on a pu laminer et même étirer un alliage contenant jusqu'à 25 pour 100 de zinc, bien qu'à l'état de pièce moulée, il fût peu ductile. Cet alliage atteignit son maximum de résistance à la traction à l'état de barre laminée de 4,5 cm de diamètre; sa résistance était alors de 4,23 tonnes par centimètre carré. Il est à remarquer qu'en laminant le même alliage à chaud, à l'état de barre de 2,2 cm de diamètre, sa résistance à la traction se trouvait réduite de près d'une tonne par centimètre carré; des phénomènes semblables furent observés pour toute la série d'alliages analogues. En ajoutant à ces alliages une faible quantité de cuivre, leur résistance à la traction se trouvait considérablement accrue; celle du métal laminé à chaud pouvait, par exemple, être portée à 4,92 tonnes par centimètre carré, tout en conservant une certaine ductilité. A l'état de fil, le maximum de résistance à la traction enregistré fut de 5,23 tonnes par centimètre carré.

Le poids spécifique de ces alliages à haute résistance à la traction est voisin de 3,2 g : cm³, de sorte qu'on peut encore les considérer comme des alliages légers.

Les alliages binaires en question, de même que les alliages ternaires, différaient de la plupart des alliages non ferreux en un point important, en ce sens qu'à l'état laminé ils manifestaient un point critique défini, comme cela se voit dans les essais d'acier doux.

Au point de vue pratique, la conclusion la plus importante à retenir de ces expériences, c'est que les alliages zinc-aluminium riches en zinc, c'est-à-dire contenant de 15 à 25 pour 100 de zinc (avec ou sans addition de cuivre), méritent d'être employés sur une bien plus large échelle que les alliages plus pauvres en zinc, auxquels on a surtout eu recours jusqu'à présent. La teneur en zinc la plus favorable semble être de 20 pour 100.

Il faut, toutefois, insister sur un défaut de ces alliages, à savoir la facilité avec laquelle leur résistance à la traction est influencée, comme nous l'avons dit plus haut, par une élévation de température. C'est ainsi que l'alliage à 25 pour 100 de zinc, dont la résistance à la température ordinaire est de 4,23 tonnes par centimètre carré, n'a plus, à 100° C. qu'une résistance de 2,85 tonnes; cette diminution de la résistance ne fait que s'accroître avec une élévation ultérieure de la température.

Au point de vue des autres genres de résistance, tel que résistance à la torsion, à la compression, de même qu'au point de vue de la dureté, il semble résulter des essais effectués que c'est également une teneur en zinc de 20 pour 100, qui est la plus favorable.

Récupération électrolytique de l'étain des déchets de fer-blanc en Italie. — Dans une analyse d'un travail de M. Léon Guillet publiée dans le numéro du 27 octobre 1911 de ce journal (t. XVI, p. 380), se trouvaient indiqués les principes des procédés actuellement utilisés pour récupérer par électrolyse l'étain des déchets de fer-blanc : procédés à la soude et procédés aux sulfures alcalins.

Un article de *Metallurgical and Chemical Engineering* (1912, p. 202) nous donne les renseignements suivants sur l'état de cette industrie en Italie.

Il existe actuellement, en Italie, trois usines où l'on pratique cette opération.

Dans l'usine Dossmann, de Pegli, l'électrolyte est constitué par de la soude caustique, les anodes sont formées par des déchets de fer-blanc et les cathodes par des plaques de tôle. L'étain est transformé en stannate de sodium, d'où il se précipite, tandis que la soude est régénérée. Le courant est 2 à 3 volts par cellule avec une intensité de 0,75 ampère par décimètre carré. L'électrolyte présente une alcalinité totale de 10 à 12 pour 100 au maximum, dont 7 pour 100 au maximum d'alcali libre; le carbonate ne doit pas dépasser 3 pour 100, et le stannate 5 pour 100. Le bain est maintenu à 60-70° C. Les anodes sont formées par des paniers en tôle, rectangulaires, perforés de 1 m × 0,85 m × 0,45 m, et contenant de 45 à 60 kg de déchets. Les cathodes mesurent 1m × 0,45 m. Pour le désétamage complet il faut 3 heures; on peut faire six opérations par 24 heures. Tous les 2 jours on ajoute de la soude fraîche; la quantité renouvelée chaque année équivaut à $\frac{1}{10}$. Après le désétamage on réunit les déchets par paquet de 60 kg et on les fait bouillir dans un bain analogue à l'électrolyte, puis on les lave à l'eau froide; le fer ainsi complètement privé d'étain est envoyé aux aciéries. L'étain est recueilli toutes les 12 heures sous l'eau et comprimé en cylindres de 2,8 kg. Ceux-ci sont mis dans un four à tubes clos où l'on recueille 50 pour 100 d'étain métallique et le reste sous forme de cendres; celles-ci, traitées par le charbon donnent 70 pour 100 d'étain. Dans la solution épuisée, on fait arriver du gaz carbonique qui précipite l'étain à l'état d'hydrate. On fait bouillir la liqueur pour en chasser le gaz carbonique, puis on y ajoute de la chaux pour régénérer la soude. Les boues d'étain contiennent 15 pour 100 de ce métal; on retire 40 pour 100 de cet étain. On traite à l'usine Dossmann 50 tonnes de déchets de fer blanc par semaine, soit environ 2500 tonnes par an.

L'usine de San Giovanni, à Tettuccio, est outillée pour 2000 tonnes par an; de même que la troisième usine italienne traitant les fers-blancs, elle fonctionne suivant les procédés qui viennent d'être exposés.



MESURES ET ESSAIS.

MESURES ÉLECTRIQUES.

Sur un nouveau mode de construction des condensateurs à air [1].

La meilleure méthode pour la mesure des capacités en courant alternatif est celle du pont de Wheatstone. Sur deux des branches on intercale deux résistances non inductives r_3 et r_4 et, sur les deux autres, la capacité C_1 à mesurer et la capacité étalon C_2 avec une résistance r_2 en série. Comme appareil de zéro, on emploie un galvanomètre à vibration. Quand il ne passe plus de courant dans le pont, on a entre les impédances la relation

$$\frac{r_3}{r_4} = \frac{\rho - \frac{i}{\omega C_1}}{r_2 - \frac{i}{\omega C_2}},$$

où $i = \sqrt{-1}$. En écrivant que les parties réelles et les parties imaginaires sont respectivement égales, on a

$$\frac{r_3}{r_4} = \frac{C_2}{C_1},$$

c'est-à-dire que les résistances sont en raison inverse des capacités.

Mais l'emploi du pont à bras de proportions inégaux entraîne une erreur très gênante due à la différence de capacité et de self-induction des résistances r_3 et r_4; il vaut donc mieux rendre les bras égaux, c'est-à-dire faire $r_3 = r_4$, et alors la relation ci-dessus donne $C_1 = C_2$; l'application de ce dernier cas exige qu'on ait à sa disposition un étalon de capacité variable. Ce sont les appareils créés dans ce but au Physikalisch-Technische Reichsanstalt que les auteurs se proposent de décrire. Ils consistent en une série de condensateurs à air comprenant des unités de 0,005 — 0,002 et 2 × 0,001 microfarad, et, en plus, un condensateur tournant de 0,002 micro-

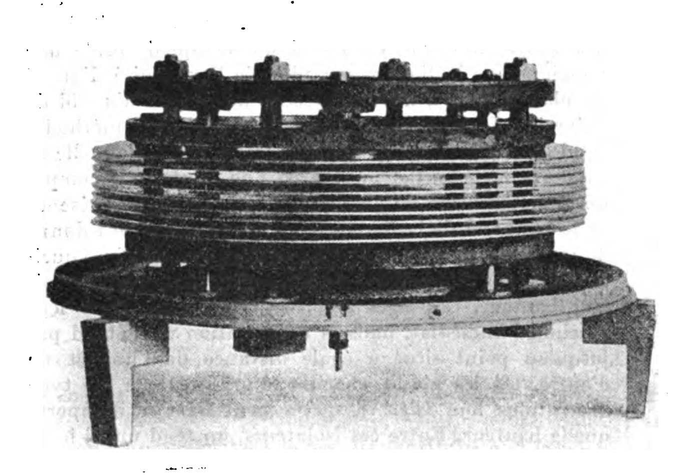


Fig. 1. — Vue d'ensemble d'un condensateur à air plan du Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

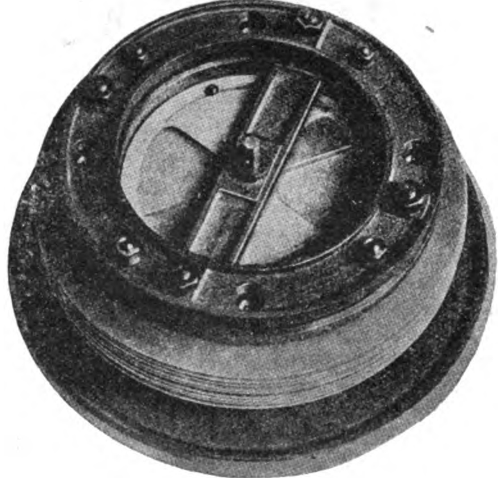
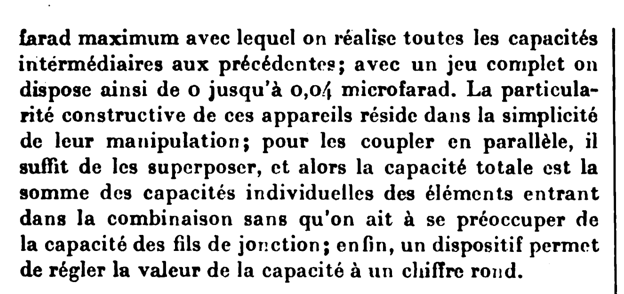


Fig. 2. — Dispositif pour le réglage des étalons à leur valeur légale.



farad maximum avec lequel on réalise toutes les capacités intermédiaires aux précédentes; avec un jeu complet on dispose ainsi de 0 jusqu'à 0,04 microfarad. La particularité constructive de ces appareils réside dans la simplicité de leur manipulation; pour les coupler en parallèle, il suffit de les superposer, et alors la capacité totale est la somme des capacités individuelles des éléments entrant dans la combinaison sans qu'on ait à se préoccuper de la capacité des fils de jonction; enfin, un dispositif permet de régler la valeur de la capacité à un chiffre rond.

Tous ces appareils sont des condensateurs plans, dont les armatures sont distantes de 2 mm. Celles de même polarité sont enfilées sur quatre colonnettes et réunies entre elles par des rondelles métalliques, de sorte qu'il suffit d'isoler l'ensemble de chaque système de plateaux. Les colonnettes et rondelles de l'un des systèmes passent dans des trous pratiqués dans les armatures de l'autre système. Les figures 1 et 2 donnent une vue du condensateur de 0,001 microfarad dont la cage est enlevée. L'isolement des deux armatures entre elles est assuré par deux groupes de quatre bâtons en ambre disposés entre les deux anneaux supérieurs, puis entre l'anneau inférieur et la crapaudine. Dans le premier plateau, comme le

[1] Harald Schering et Rudolf Schmidt, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 26 décembre 1912, p. 1343.

montre la figure 2, sont découpés deux segments; sur lui repose un autre plateau ajouré de la même manière et qui est mobile; en le faisant tourner, on peut ainsi augmenter ou diminuer la surface efficace de la première armature. C'est avec ce dispositif que les auteurs arrivent à régler leur capacité à 1 ou 2 pour 10000.

Pour le couplage en parallèle, nous avons dit qu'il suffisait de superposer les condensateurs les uns aux autres, comme le représente la figure 3. Les connexions des systèmes d'armatures réunies à la cage n'offrent pas de difficultés; le système isolé est relié à une tige centrale qui traverse la crapaudine sans la toucher et déborde légèrement sur elle; cette tige est terminée par une pointe de platine qui pénètre dans l'intérieur du condensateur placé en dessous par un trou du couvercle et vient s'appuyer sur une plaque en contact avec le système isolé suivant. Pour l'emploi les condensateurs sont toujours placés sur un support spécial avec lequel le contact des armatures isolées est assuré de la même manière; il est muni d'un fil qu'on enferme dans un tube de façon que sa capacité soit parfaitement définie. Ce fil est réuni à la source de courant. Quand on procède à l'étalonnage d'un condensateur, on commence d'abord par déterminer la capacité du support; puis on y place un condensateur et l'on règle la capacité en agissant sur le plateau mobile comme nous l'avons expliqué, de telle sorte qu'elle soit exactement égale à la valeur légale, abstraction faite de la capacité du support; mais dans cet étalonnage est comprise la capacité de la tige de contact par rapport à la prise de courant; aussi le condensateur enlevé de son support ne possède-t-il plus sa capacité nominale; il ne la reprend qu'une fois posé sur le support ou sur un autre condensateur, car toutes les amenées de courant ont les mêmes dimensions.

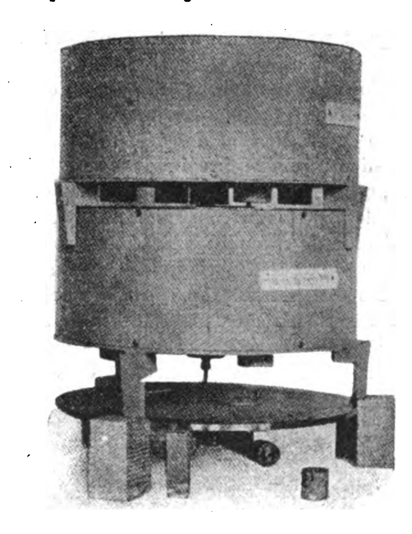


Fig. 3. — Superposition des condensateurs pour le couplage en parallèle.

Les plateaux du condensateur tournant sont constitués par des demi-cercles, les uns mobiles et les autres fixes, ceux-ci étant isolés. C'est à peu près le dispositif de Kœpsel ou de Huth signalé dans *La Revue électrique* du 22 mars 1912, p. 252. Chaque condensateur tournant a son support spécial; la rotation graduée des disques est obtenue par l'action d'un volant qui commande plusieurs engrenages.

Appareils pour l'observation de l'électricité atmosphérique (1).

L'auteur s'est, depuis longtemps, spécialisé dans l'étude de l'électricité terrestre (2); il a réalisé des expériences sous toutes les latitudes, sur les continents et au milieu de l'océan, loin de tout laboratoire et de tout atelier, c'est-à-dire dans des conditions telles qu'une défection de ses appareils ou de ses méthodes eût été néfaste pour la suite de ses recherches. Il a donc imaginé quelques appareils simples et robustes et un procédé d'exploration du champ électrique de l'atmosphère terrestre que nous décrivons ci-dessous.

I. Détermination absolue du gradient du potentiel. — La détermination du potentiel en un point de l'espace revient à communiquer ce potentiel à un corps placé au point considéré, au moyen d'un collecteur qui peut être une pointe, une mèche, de l'amadou enflammé ou la flamme d'une lampe; W. Thomson s'est servi d'un collecteur à eau. Le collecteur d'Exner est constitué par une petite lanterne en métal dans laquelle brûle une bougie; dans la flamme est plongée l'extrémité d'un fil de platine relié à un électroscope au moyen d'un fil de cuivre (3). Le défaut fondamental de toutes ces méthodes réside dans la difficulté de fixer la hauteur à laquelle se rapporte le potentiel mesuré, si l'on veut tenir compte de la déformation du champ occasionnée par la présence de la lampe et de la flamme. Le dispositif suivant donne de meilleurs résultats. On fiche en terre deux tiges quelconques, dont l'écartement soit à peu près égal à dix fois leur hauteur. Ces tiges déforment le champ dans leur voisinage immédiat, mais la déformation ne s'étend pas jusqu'au point situé à égale distance de l'une et de l'autre. On les munit chacune d'un isolateur du type décrit plus loin (*fig.* 1), qu'on peut fixer à n'importe quelle hauteur. Entre ces isolateurs, on tend un fil hori-

(1) George-C. Simpson, *Physikalische Zeitschrift*, t. XIV, 1er janvier 1913, p. 41-45.

(2) *La Revue électrique* du 22 novembre 1912, p. 448.

(3) L'électricité atmosphérique est particulièrement bien exposée dans le *Traité de Physique* de O.-D. Chwolson. t. IV, 1er fascicule, p. 406-430. De nos jours, on emploie aussi beaucoup comme collecteur une substance radioactive; ainsi, dès 1902, Henning utilisait 0,1 g de chlorure de baryum radifère d'activité 240, collé, soit avec du sucre, soit avec de la gomme laque à l'extrémité d'un petit cylindre de laiton emmanché au bout d'une tige d'ébonite. Bergwitz a fait un grand nombre d'expériences sur l'électricité atmosphérique avec un collecteur à ionium, parce que cette dernière substance a une vie moyenne très longue (probablement 3000 ans) et parce que les particules α qu'elle émet n'ionisent l'air que sur une faible épaisseur, 2,84 cm.

zontal qui, lorsqu'il a pris le potentiel de son milieu, se trouve en majeure partie situé sur une surface de niveau de même potentiel et, par conséquent, ne produit qu'une déformation insignifiante du champ; évidemment, il est essentiel que le collecteur lui-même ne provoque aucune distorsion; il faut donc lui donner une masse faible pour qu'il ne tire pas le fil de sa position horizontale. Un bâtonnet recouvert de polonium ou d'ionium fait parfaitement l'affaire ou, à son défaut, un épais cordon de coton ou une mèche mince trempés dans une solution concentrée de nitrate de potassium et séchés; la combustion d'une telle mèche s'opère à la vitesse de 1 à 2 cm par minute. On en fixe un morceau en long vers le milieu du fil et on l'enflamme. L'électromètre est placé à une distance telle qu'on puisse le relier à l'un des isolateurs par un fil d'un seul trait.

Appareils : 1° *Isolateur.* — On réalise un isolateur excellent, tant au point de vue électrique que mécanique, avec un cylindre métallique quelconque ou, plus simplement encore, avec une boîte en fer-blanc à poudre de savon; on y coule d'abord, sur une épaisseur de 2 cm, du soufre fondu; après solidification, on appuie sur la croûte une tige de cuivre terminée par un crochet et l'on verse de nouveau du soufre fondu jusqu'à 1 cm du bord. La figure 1 représente un de ces appareils. Pour protéger la

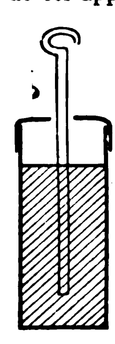


Fig. 1. — Isolateur au soufre.

surface du soufre contre les poussières, on ferme la boîte avec son couvercle, préalablement ajouré pour livrer passage au crochet; d'ailleurs, un grattage suffit pour rendre au soufre toutes ses propriétés isolantes. D'après l'expérience de l'auteur, ce corps est supérieur, pour les travaux en plein air, à l'ambre et à l'ébonite. Celle-ci se ramollit à la chaleur du soleil et présente encore l'inconvénient de s'électriser quand on veut la nettoyer.

2° *Eléments au sulfate de cuivre pour la batterie de charge de l'électromètre.* — Une pile Daniell modifiée comme le montre la figure 2, réunit toutes les conditions requises pour un appareil devant servir à des expéditions scientifiques. Dans un tube à essai de 15 cm de longueur, 2 cm de diamètre, sont logés deux autres tubes plus petits, étirés à leur partie inférieure de façon à ne présenter qu'une ouverture capillaire; on y tasse jusqu'à mi-hauteur de la silice, sur laquelle on verse du sulfate de zinc où plonge une lame de zinc pour l'un des tubes et, pour l'autre, du sulfate de cuivre où plonge une lame de cuivre; ces deux tubes électrodes sont ensuite serrés ensemble par deux lacets bouclés en 8 et placés dans le grand tube à essai qu'on achève de remplir avec une solution concentrée de sulfate de zinc jusqu'à 1 cm du bord. Une couche d'huile de machine empêche l'évaporation des liquides. Une diffusion du sulfate de cuivre dans le

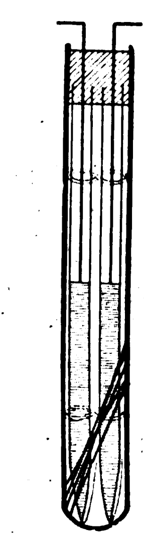


Fig. 2. — Élément Daniell pour pile de charge.

sulfate de zinc est encore possible malgré la compacité de la couche; on le fait absorber par des baguettes zinc disposées à cet effet dans le grand tube. Des éléments montés depuis 3 ans ont conservé leurs électrodes de zinc dans toute leur pureté, et le potentiel de la batterie n'a subi aucune variation dans ce long intervalle. Le prix d'un élément est d'environ 0,50 fr; sa préparation exige beaucoup de soins et de temps. La résistance intérieure est très grande et croît encore avec le temps; mais le courant reste toujours suffisant pour charger un électromètre ou autres appareils dont l'isolement est passable.

II. Mesures de la radioactivité atmosphérique. — La méthode la plus convenable est celle proposée par Elster et Geitel qui consiste à exposer à l'air libre, pendant 2 heures environ, un fil de 1 mm de diamètre et de 4 à 5 m de longueur, chargé à 2500 volts. La charge est généralement fournie par des batteries de piles Zamboni; malheureusement, elles sont sujettes à de fréquentes défections, et l'auteur les remplace par une petite machine à influence semblable au replenisher de Lord Kelvin, mais avec des dimensions 2,50 fois plus grandes. Elle est actionnée par un ressort ou par un poids qui tombe.

Quand toutes les pièces sont en parfait état d'isolement le potentiel dépasse beaucoup 2500 volts; on peut le régler à l'aide du petit appareil représenté en figure 3. Un tube à essai reçoit une certaine quantité d'eau et on le ferme avec un bouchon de liège après avoir au préalable interposé une bande d'étoffe entre le tube et le bouchon. On le suspend, comme le montre la figure, au fil à haut potentiel, au voisinage de la plaque de terre P. L'étoffe mouillée au contact de l'eau devient conductrice, et ses effilochures forment autant de pointes par lesquelles se

perd l'électricité; en rapprochant ou en éloignant le tube de la plaque de terre avec un bâton d'ébonite, on arrive

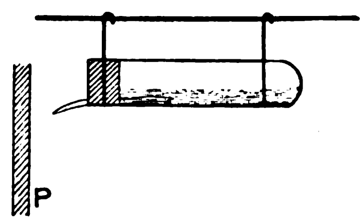


Fig. 3. — Dispositif pour régler le potentiel du fil chargé.

à régler facilement le potentiel. L'auteur a utilisé ce procédé pour des mesures de radioactivité à bord des navires et au pôle sans éprouver la moindre difficulté.

Bâton de charge. — L'appareil de la figure 4 est conçu pour donner des charges faibles, mais à haut potentiel.

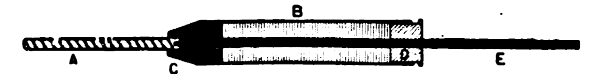


Fig. 4. — Bâton d'ébonite pour charges à haut potentiel.

Un tube de laiton A est enfoncé dans un autre tube B, plus large, à travers un bouchon d'ébonite C. On empile dans B des disques de flanelle perforés au centre, et on les presse au moyen du bouchon D qui se visse sur le tube et qui est, lui aussi, alésé suivant son axe. On introduit dans l'appareil le bâton d'ébonite E, qui est maintenu en place par un ressort à boudin logé dans A. Pour faire pénétrer le bâton E dans le tube A, on saisit le tube B entre le pouce et le médius, et l'on appuie avec l'index sur l'extrémité de la tige d'ébonite, dès qu'on supprime la pression, le ressort ramène la tige d'ébonite dans sa position initiale. Le mode d'emploi est le suivant : on maintient le tube B dans la main gauche, et l'on fait tourner plusieurs fois entre le pouce et l'index de la main droite le bâton d'ébonite qui se charge par frottement contre la flanelle. Pour communiquer à un appareil une charge négative, on touche A pour éliminer toute trace d'électricité, puis on l'amène en contact avec l'appareil et l'on pousse le bâton d'ébonite chargé plus ou moins en avant suivant la valeur du potentiel qu'on désire avoir. L'obtention d'une charge positive exige les manœuvres connues pour charger un corps par influence; on électrise le bâton d'ébonite, on le pousse à fond, on touche A et on ramène le bâton en arrière. Le tube B a 8 cm de longueur et 1,5 cm de diamètre; les autres parties ont des dimensions appropriées. Avec cet appareil, on peut porter un corps de faible capacité à un potentiel un peu supérieur à 3000 volts. B. K.

MESURES PHOTOMÉTRIQUES.

Méthode pour calculer l'éclairement moyen des surfaces horizontales (1).

Pour calculer l'éclairement e produit par une source L d'intensité I en un point situé à une distance r sur une surface horizontale, on se sert toujours de la relation

$$e = \frac{I}{r^2}\cos\alpha = \frac{I}{h^2}\cos^3\alpha,$$

α étant l'angle que fait avec la verticale la droite qui joint la source au point considéré, et h la hauteur de la lampe au-dessus du sol. Appliquée à de grandes surfaces, cette méthode exige beaucoup de temps; il est plus simple de déterminer le flux Φ tombant sur cette surface et d'en déduire l'éclairement en faisant le quotient du flux par la surface. En pratique, on ne considère que l'éclairement des rues et des places, c'est-à-dire d'espaces rectangulaires comme celui de la figure 1. Le rectangle total *abcd*,

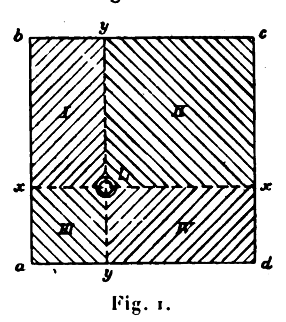


Fig. 1.

éclairé par la source L, peut se décomposer en quatre rectangles partiels I, II, III et IV; or, il existe un procédé simple donnant rapidement les flux Φ_I, Φ_{II}, Φ_{III} et Φ_{IV}, et par suite l'éclairement moyen de la surface *abcd* sous le rayonnement de la lampe L, procédé imaginé par Paul Högner en 1910, et perfectionné ensuite par Adolf Thomälen.

Détermination du flux émis par une source sur une surface horizontale. — Il suffit évidemment de considérer un quadrant de l'hémisphère inférieur. On divise ce quadrant par deux séries de plans passant par la source L,

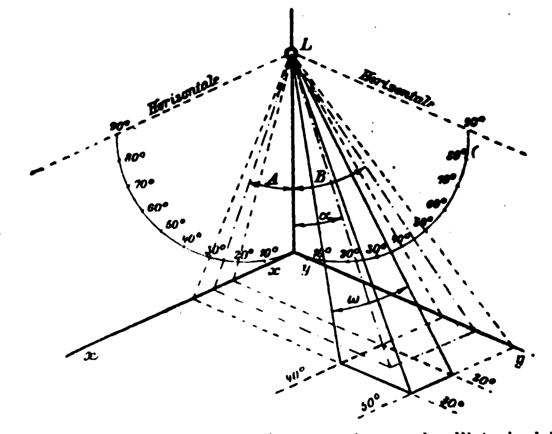


Fig. 2. — Décomposition d'un quadrant de l'hémisphère inférieur en 81 pyramides élémentaires par deux séries de plans passant par L et écartés de 10°.

et dont les traces sur le plan des *xy* sont respectivement parallèles aux axes des x et des y. Les plans d'une série sont toujours inclinés les uns par rapport aux autres d'un

(1) Paul Högner et Adolf Thomälen, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXI, p. 234 et 267, t. XXXIII, 19 décembre 1912, p. 1313-1315.

angle de 10°, ou autrement dit forment avec le plan vertical des angles croissant de 10° en 10°; on décompose ainsi le quadrant en 81 pyramides élémentaires, ayant leur sommet en L et caractérisées chacune par un angle solide ω. La figure 2 donne une idée de cette décomposition. Joignons L au milieu de l'une de ces pyramides et soit α l'angle que fait le rayon ainsi tracé avec la verticale passant par la lampe L.

Si nous possédons l'intensité I_α de la source dans cette direction α, nous obtiendrons le flux lumineux partiel correspondant en faisant le produit de ω par I_α ou $\varphi = \Phi_\omega I_\alpha$. Pour avoir I_α il suffit de se reporter à la courbe photométrique supposée connue de la source; mais il faut au préalable connaître ω pour les 81 pyramides et les angles α correspondants; c'est ce que nous indiquerons plus loin. Tous ces flux partiels sont ensuite sommés dans la direction des x, d'une part, et dans celle des y, d'autre part, entre le plan vertical et un plan sécant principal quelconque. Les flux totaux sont ensuite réunis dans des tableaux, ou représentés par des courbes en fonction de l'inclinaison du plan séant principal considéré sur le plan vertical correspondant. Si l'on désire ensuite évaluer le flux qui est rayonné par une source sur une surface rectangulaire dont un sommet se trouve sur la verticale passant par L, on joint, comme on le voit en figure 3, la source L aux extrémités des côtés aboutissant sous sa verticale. Dans les tableaux ou sur les

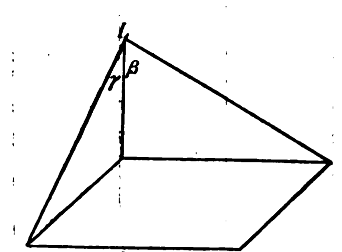


Fig. 3.

courbes, on prend les flux afférents aux angles β et γ en interpolant si c'est nécessaire.

Calcul approché de ω. — Högner a réalisé le calcul de ω en appliquant à ses pyramides élémentaires la relation

$$\frac{\omega}{1} = \frac{s\cos\alpha}{r^2} = \frac{s\cos^3\alpha}{h^2},$$

s étant la base de la pyramide étudiée et h la hauteur de la lampe; les autres lettres ont la même signification que ci-dessus, et il donne une formule générale en introduisant les angles A et B que font, avec les plans verticaux correspondants, les plans bissecteurs des plans délimitant la pyramide. A et B prennent les valeurs successives 5°, 15°, 25°, etc., jusqu'à 85° exclusivement. Il est facile d'établir que

$$s = h^2[\operatorname{tang}(A+5°) - \operatorname{tang}(A-5°)] \times [\operatorname{tang}(B+5°) - \operatorname{tang}(B-5°)]$$

et

$$\cos^3\alpha = (1 + \operatorname{tang}^2 A + \operatorname{tang}^2 B)^{\frac{3}{2}};$$

d'où

$$\omega = \frac{[\operatorname{tang}(A+5°) - \operatorname{tang}(A-5°)] \times [\operatorname{tang}(B+5°) - \operatorname{tang}(B-5°)]}{(1 + \operatorname{tang}^2 A + \operatorname{tang}^2 B)^{\frac{3}{2}}}.$$

Quant à l'angle α, on le détermine en partant de la relation

$$\operatorname{tang}\alpha = \sqrt{\operatorname{tang}^2 A + \operatorname{tang}^2 B}.$$

Excellente en principe, la méthode de Högner n'échappe cependant pas à toute critique; il admet d'abord que l'intensité, dans la direction α, c'est-à-dire suivant l'intersection des plans faisant les angles A et B avec le plan vertical, représente l'intensité moyenne relative à l'angle solide ω; d'autre part, il calcule ω comme si l'on avait affaire à des surfaces sphériques et de plus la formule donnant ω ne convient plus dès que l'un des angles A ou B devient égal à 85°.

Or, en supposant la lampe placée à l'unité de hauteur, le numérateur représente la surface du rectangle sur le plan des xy, et l'inverse du dénominateur est égal à $\cos^3\alpha$, c'est-à-dire à l'éclairement que produit la source d'intensité 1, placée à la hauteur 1 dans la direction α. Il en résulte que l'angle ω, et par suite aussi le flux Φ_ω correspondant, sont représentés par le produit de la surface considérée et de l'éclairement de celle-ci sous l'incidence α, éclairement supposé constant pour toute la surface, alors que Högner suppose constante l'intensité sous l'angle α.

Calcul exact de ω. — Pour toutes ces raisons, A. Thomälen trouve plus rationnel de déterminer ω par une intégration. Il suppose la lampe suspendue à 1 m au-

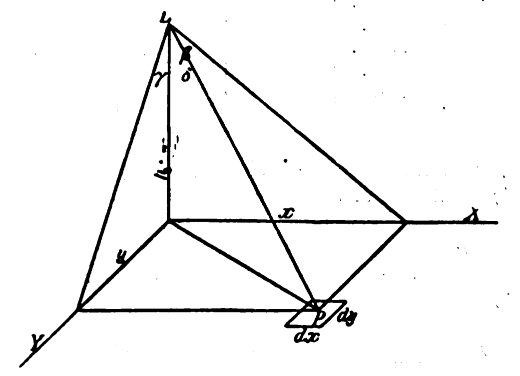


Fig. 4.

dessus du sol; alors pour un point quelconque P du plan des xy on a, d'après la figure 4,

$$x = \operatorname{tang}\beta, \qquad y = \operatorname{tang}\gamma,$$

β et γ étant les angles que font avec les plans verticaux les plans principaux passant par P. Soit δ l'angle de LP avec la verticale passant par la source

$$\operatorname{tang}^2\delta = x^2 + y^2$$

et

$$\cos\delta = \frac{1}{(1 + x^2 + y^2)^{\frac{1}{2}}}.$$

L'élément de surface autour du point P est représenté par le produit $dx\,dy$ et sa projection sur la normale à LP est $dx\,dy\cos\delta$. C'est une portion de la sphère de rayon LP et l'angle solide correspondant, ou surface sur la sphère de rayon 1, est

$$d\omega = \frac{dx\,dy\cos\delta}{4\rho^2} = dx\,dy\cos^3\delta = \frac{dx\,dy}{(1+x^2+y^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

L'angle solide relatif au rectangle $x_1 x_2 y_1 y_2$ est donné par l'intégrale (¹)

$$\omega = \int_{x_1}^{x_2}\int_{y_1}^{y_2} \frac{dx\,dy}{(1+x^2+y^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Sa solution est

$$\begin{aligned}\omega = {} & \operatorname{arc\,tang}\left(\frac{1+y_2^2+y_2\sqrt{1+x_2^2+y_2^2}}{x_2}\right)\\ & -\operatorname{arc\,tang}\left(\frac{1+y_1^2+y_1\sqrt{1+x_2^2+y_1^2}}{x_2}\right)\\ & -\operatorname{arc\,tang}\left(\frac{1+y_2^2+y_2\sqrt{1+x_1^2+y_2^2}}{x_1}\right)\\ & +\operatorname{arc\,tang}\left(\frac{1+y_1^2+y_1\sqrt{1+x_1^2+y_1^2}}{x_1}\right).\end{aligned}$$

C'est en appliquant cette formule que M. Thomälen a repris le calcul des angles ω en adoptant toujours la décomposition du quadrant hémisphérique en 81 pyra-

TABLEAU I.

	β........	10°.	20°.	30°.	40°.	50°.	60°.	70°.	80°.	90°.
γ = 10°	tang α ...	0,1235	0,282	0,457	0,702	1,002	1,430	2,150	3,733	11,430
	ω........	0,03015	0,02928	0,02750	0,02492	0,02156	0,01755	0,01295	0,00794	0,00268
20	tang α ...	0,282	0,379	0,5385	0,750	1,035	1,453	2,160	3,740	11,433
	ω........	0,02928	0,02853	0,02711	0,02489	0,02188	0,01805	0,01354	0,00840	0,00285
30	tang α ...	0,475	0,5385	0,660	0,842	1,102	1,502	2,195	3,760	11,440
	ω........	0,02750	0,02711	0,02621	0,02472	0,02243	0,01916	0,01479	0,00941	0,00321
40	tang α ...	0,702	0,750	0,842	0,990	1,220	1,590	2,255	3,795	11,452
	ω........	0,02492	0,02489	0,02472	0,02420	0,02306	0,02075	0,01689	0,01116	0,00394
50	tang α ...	1,002	1,035	1,102	1,220	1,414	1,740	2,365	3,860	11,472
	ω........	0,02156	0,02188	0,02243	0,02306	0,02335	0,02271	0,02005	0,01426	0,00523
60	tang α ...	1,430	1,453	1,502	1,590	1,740	2,020	2,580	4,000	11,52
	ω........	0,01755	0,01805	0,01916	0,02075	0,02271	0,02448	0,02437	0,01964	0,00783
70	tang α ...	2,150	2,160	2,195	2,255	2,365	2,580	3,035	4,300	11,63
	ω........	0,01295	0,01354	0,01479	0,01689	0,02005	0,02437	0,02902	0,02906	0,01386
80	tang α ...	3,733	3,740	3,760	3,795	3,860	4.000	4,300	5,28	12,024
	ω........	0,00794	0,00840	0,00941	0,01116	0,01426	0,01964	1,02906	0,04260	0,03206
90	tang α ...	11,430	11,433	11,440	11,452	11,472	11,52	11,63	12,024	12,70
	ω........	0,00286	0,00285	0,00321	0,00394	0,00523	0,00783	0,01386	0,03206	0,10287

(¹) Pour trouver cette intégrale, on suppose d'abord y et dy constants, et l'on pose

$$u = \frac{x}{\sqrt{1+x^2+y^2}}, \qquad du = \frac{(1+y^2)\,dx}{(1+x^2+y^2)^{\frac{3}{2}}},$$

et l'on a

$$\omega = \int_{y_1}^{y_2}\frac{dy}{1+y^2}\int_{u_1}^{u_2} du = \int_{y_1}^{y_2}\left[\frac{x\,dy}{(1+y^2)\sqrt{1+x^2+y^2}}\right]_{x_1}^{x_2}.$$

Pour rendre rationnelle cette intégrale où x est à son tour supposé constant, on pose

$$v - y = \sqrt{1+x^2+y^2}.$$

Élevant au carré et résolvant par rapport à y, il vient

$$y = \frac{v^2-x^2-1}{2v} \qquad \text{et} \qquad 1+y^2 = \frac{(v^2-x^2-1)^2+4v^2}{4v^2}$$

et par différentiation

$$dv = \left(1+\frac{y}{\sqrt{1+x^2+y^2}}\right)dy = \frac{v\,dy}{\sqrt{1+x^2+y^2}}$$

ou

$$\frac{dy}{\sqrt{1+x^2+y^2}} = \frac{dv}{v}.$$

Cette dernière expression, combinée avec

$$1-y^2 = \frac{(v^2-x^2-1)^2+4v^2}{4v^2},$$

donne

$$\frac{dy}{(1+y^2)\sqrt{1+x^2+y^2}} = \frac{4v\,dv}{(v^2-x^2-1)^2+4v^2}.$$

On introduit une nouvelle variable en posant

$$z = v^2-x^2-1, \qquad dz = 2v\,dv,$$
$$4z^2+4x^2+4 = 4v^2$$

de sorte qu'on a finalement

$$\frac{dy}{(1+y^2)\sqrt{1+x^2+y^2}} = \frac{2\,dz}{z^2+4z+4+4x^2}$$

ou

$$\begin{aligned}\int\frac{x\,dy}{(1+y^2)\sqrt{1+x^2+y^2}} &= \operatorname{arc\,tang}\frac{z+2}{2x}\\ &= \operatorname{arc\,tang}\frac{1+y^2+y\sqrt{1+x^2+y^2}}{x}.\end{aligned}$$

mides élémentaires par des plans écartés de 10°, c'est-à-dire suivant la méthode indiquée par Högner. Elles diffèrent assez sensiblement de celles trouvées par ce dernier par l'emploi de sa formule approchée.

Nous reproduisons ci-dessus le tableau, publié par Thomälen et applicable à toutes les courbes photométriques, des valeurs de ω et tang α; pour tang α les nombres sont ceux donnés par Högner. L'établissement d'un pareil tableau a évidemment demandé un travail considérable, dont nous devons féliciter les auteurs.

Pour faire une application de cette méthode, considérons la courbe photométrique de la figure 5, qui est celle d'une lampe Excello caractérisée par une intensité moyenne de 1000 bougies hémisphériques. L'angle α tel que tang $\alpha = 0{,}1235$ est 7° environ; suivant la direction faisant un angle de 7° avec la verticale, l'intensité déduite de la courbe est 820 bougies; on a donc, pour le flux compris dans la première pyramide,

$$\Phi_{0^\circ-10^\circ} = 0{,}03015 \times 820 = 24{,}7 \text{ lumens.}$$

Pour tang $\alpha = 0{,}282$, l'angle α est de 16° 30'; l'intensité suivant cette direction est 1125 bougies et le flux correspondant $\Phi_{10^\circ-20^\circ} = 1125 \times 0{,}02928 = 33$ lumens, pour la deuxième pyramide définie par les plans principaux faisant des angles de 10° et 20° respectivement avec les plans verticaux passant l'un par l'axe des x et l'autre par l'axe des y.

On procède ainsi pour les 81 pyramides. Il est commode de disposer les résultats comme le montre le tableau II ci-dessous. La première ligne horizontale contient les intensités I définies par les angles α; la seconde les flux partiels ωI, et enfin la troisième les flux totaux obtenus en sommant les flux partiels, compris entre deux

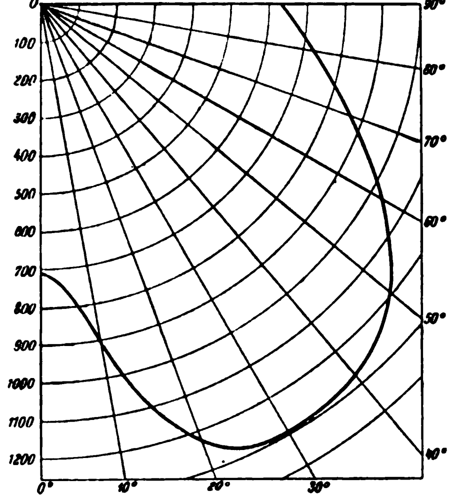


Fig. 5. — Courbe photométrique d'une lampe Excello de 1000 bougies hémisphériques.

plans principaux quelconques et les plans verticaux passant par x et y. Ainsi pour $\beta = 60°$ et $\gamma = 30°$, le flux total est 538,3 lumens; ce nombre se trouve à l'extrémité de la diagonale passant par L dans le rectangle (60° — 30°)

TABLEAU II.

L	β........	10°.	20°.	30°.	40°.	50°.	60°.	70°.	80°.	90°.
	I........	820	1125	1285	1290	1235	1120	940	790	675
$\gamma = 10°$	ωI.......	24,7	33	35,4	32,2	26,6	19,7	12,2	6,3	1,8
	$\Phi = \Sigma\omega I$.	24,7	57,7	93,1	125,3	151,9	171,6	183,8	190,1	191,9
	I........	1125	1240	1295	1285	1230	1110	940	790	675
20	ωI.......	33	35,4	35,1	32	26,9	20	12,7	6,6	1,9
	$\Phi = \Sigma\omega I$.	57,7	126,1	196,6	260,8	314,3	354	378,9	391,8	395,5
	I........	1285	1295	1295	1270	1220	1095	935	785	675
30	ωI.......	35,4	35,1	34	31,4	27,4	21	13,6	7,4	2,2
	$\Phi = \Sigma\omega I$.	93,1	196,6	301,1	396,7	477,6	538,3	576,8	597,1	603
	I........	1290	1285	1270	1250	1185	1070	930	785	675
40	ωI.......	32,2	32	31,4	30,2	27,3	22,2	15,7	8,8	2,7
	$\Phi = \Sigma\omega I$.	125,3	260,8	396,7	522,5	630,7	713,6	767,8	796,9	805,5
	I.......	1235	1230	1220	1185	1125	1030	910	780	674
50	ωI.......	26,6	26,9	27,4	27,3	26,2	23	18,5	11,1	3,5
	$\Phi = \Sigma\omega I$.	151,9	314,3	477,6	630,7	765,1	871,0	943,7	983,9	996
	I........	1220	1110	1095	1070	1030	975	890	780	674
60	ωI.......	19,7	20	21	22,2	23	23,8	21,6	15,6	4,6
	$\Phi = \Sigma\omega I$.	171,6	354	538,3	713,6	871	1000,7	1095	1150,8	1167,5
	I........	940	940	935	930	910	890	840	775	674
70	ωI.......	12,2	12,7	13,6	15,7	18,5	21,6	24,4	22,5	9,4
	$\Phi = \Sigma\omega I$.	183,8	378,9	576,8	767,8	943,7	1095	1213,7	1293	1319,1
	I........	790	790	785	785	780	780	775	740	672
80	ωI.......	6,3	6,6	7,4	8,8	11,1	15,6	22,5	31,5	21,8
	$\Phi = \Sigma\omega I$.	190,1	391,8	597,1	796,9	983,9	1150,8	1293	1402,8	1450,7
	I........	675	675	675	675	674	674	674	672	671
90	ωI.......	1,8	1,9	2,2	2,7	3,5	4,6	9,4	21,8	69,1
	$\Phi = \Sigma\omega I$.	191,9	395,5	603	805,5	996	1167,5	1319,1	1450,7	1567,7

On sait que le flux correspondant à un quadrant hémisphérique est $\frac{2\pi}{4} \times 1000 = 1570{,}8$ lumens; or le tableau donne pour $\beta = 90^{\circ}$ et $\gamma = 90^{\circ}$, $\Phi = 1567{,}7$ lumens.

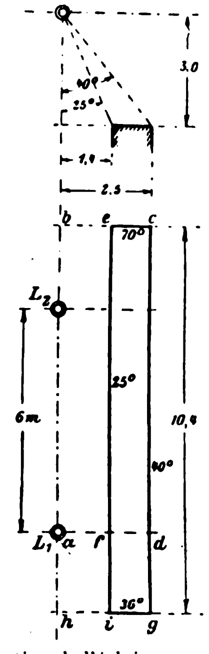


Fig. 6. — Détermination de l'éclairement moyen d'un tableau par les lampes L_1 et L_2.

L'erreur atteint à peine 2 pour 1000. C'est une excellente confirmation de l'exactitude de la méthode.

L'exemple suivant donnera encore une idée de la nature et de la multiplicité des problèmes que cette méthode permet de solutionner. On veut déterminer l'éclairement moyen d'un tableau étalé horizontalement et qui reçoit la lumière de deux lampes latérales. La figure 6 schématise la disposition de l'ensemble. La hauteur des lampes au-dessus du plancher est 3 m; leur écartement, 6 m, et leur distance au milieu du tableau, 1,95 m; les dimensions de celui-ci sont : 10,4 × 1,1 m.

L'ensemble est symétrique. Considérons d'abord L_1; du flux qui en émane, le tableau reçoit : flux relatif à *abcd* — flux relatif à *abef* + flux relatif à *adgh* — flux relatif à *afih*. Pour *abcd*, on a

$$\operatorname{tang}\delta = \frac{8{,}2}{3} = 2{,}73;$$

d'où

$$\delta = 70^{\circ}; \qquad \operatorname{tang}\gamma = \frac{2{,}5}{3} = 0{,}83; \qquad \gamma = 40^{\circ}.$$

La table des flux établie par Högner pour cette lampe (*E. T. Z.*, 10 mars 1910, p. 236). donne 735 lumens; les angles des plans principaux avec les plans verticaux se calculent de la même manière pour les autres rectangles en se servant des données numériques ci-dessus. On a finalement, pour le flux envoyé par L_1 sur le tableau,

$$735 - 436 + 431 - 247 = 463 \text{ lumens}$$

et pour les deux lampes : $2 \times 463 = 926$ lumens.

La surface du tableau étant $10{,}4 \times 1{,}1 = 11{,}44$ m², on a pour son éclairement moyen

$$e_m = \frac{926}{11{,}44} = 81 \text{ lux},$$

pour une intensité moyenne hémisphérique de 1000 bougie par lampes. **B. K.**

Mesure de l'énergie dépensée dans les circuits triphasés avec un compteur ne comprenant qu'un seul système de mesures; erreurs résultantes. — Les compteurs à courant alternatif qui ne comprennent qu'un seul système de mesure sont connectés de bien des façons sur les réseaux triphasés; mais leurs indications ne sont réellement exactes que si les trois phases sont rigoureusement équilibrées. Si les courants ou les tensions diffèrent d'une phase à l'autre, ou si l'on supprime l'une des phases, le compteur peut léser ou le client, ou l'usine génératrice dans des proportions considérables. M. Karl SCHMIEDEL s'est proposé récemment (*E. T. Z.*, 16 janvier 1913, p. 53-55) de donner une idée des erreurs qui s'observent dans des cas extrêmes et pour trois montages du compteur. Il sera facile, d'après ces résultats, de se faire une idée de l'erreur moyenne. — I. La bobine d'intensité est en série avec l'une des phases et la bobine de tension branchée entre la phase 1 et le point neutre. Si l'on coupe la phase 1, le compteur s'arrête, l'erreur au préjudice de l'usine est de 100 pour 100; si l'on coupe 2 ou 3, c'est le client qui est lésé, car le compteur marque 50 pour 100 en trop. Ces cas particuliers se présentent assez souvent quand on mesure l'énergie absorbée par un moteur triphasé, or, celui-ci continue à tourner comme moteur monophasé même si l'on vient à supprimer l'une des phases. On constate à peu près les mêmes erreurs, quand le point neutre est artificiel. — II. La bobine d'intensité est encore montée sur l'une des phases, mais la bobine de tension est en dérivation sur cette phase et l'une quelconque des deux autres (tension composée). Vient-on à ouvrir la phase libre, l'énergie enregistrée par le compteur est : $A = \sqrt{3}E_{13}J_1\cos(\varphi + 30^{\circ})$. l'énergie réellement consommée est : $W = E_{13}J_1\cos\varphi$; l'erreur est donc :

$$F = \frac{A - W}{W} = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\operatorname{tang}\varphi$$

ou $(50 - 86{,}6 \operatorname{tang}\varphi)$ pour 100. — III. Il y a deux bobines d'intensité montées chacune sur une phase, et la bobine de tension est en dérivation sur ces deux phases. Quand les trois phases sont également chargées, on a : $A = E^{12}(J_1 - J_2)\cos$; mais si l'on ouvre la phase 1, le compteur enregistre

$$A = -J_2 E_{12}\left(\frac{1}{2}\cos\varphi + \frac{\sqrt{3}}{2}\sin\varphi\right)$$

et l'on dépense effectivement $W = E_{23}J_2\cos\varphi$; l'erreur, tous calculs faits, est donc : $(-50 + 86{,}6 \operatorname{tang}\varphi)$ pour 100 ; par suppression de la phase 2, l'erreur est — $(50 + 86{,}6 \operatorname{tang}\varphi)$ pour 100, et enfin par suppression de la phase 3, $F = +100$ pour 100, le compteur tourne deux fois trop vite; pour $F > -100$ pour 100, le compteur tourne en sens inverse; il décompte. Un grand nombre de diagrammes facilitent l'établissement des diverses formules données par l'auteur en même temps que des graphiques résument les résultats obtenus.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE.

Sur le mouvement des centres lumineux dans les tubes à hydrogène (1).

A la suite de recherches faites antérieurement sur le mouvement des centres lumineux dans l'arc au mercure dans le vide, M. Perot a émis l'hypothèse que la plus grande partie de la lumière était fournie par les centres rencontrés par les porteurs électriques, ceux-ci leur communiquant, lors des chocs, un mouvement dirigé dans le sens même où ils se meuvent et cette hypothèse lui a permis d'édifier une théorie des phénomènes observés spectroscopiquement sur l'ensemble des vapeurs élevées de l'atmosphère solaire.

De nouvelles recherches ont été faites par l'auteur en vue de s'assurer si des phénomènes du même genre se produisent dans les tubes à gaz raréfiés illuminés électriquement. Les tubes employés étaient de la forme en H, avec électrodes en aluminium; ils étaient, vu l'échauffement, plongés dans une cuve pleine d'eau, et étaient alimentés par du courant continu produit par une dynamo à excitation indépendante pouvant débiter 0,2 ampère à 10 000 volts et dont la tension aux bornes pouvait être variée de quelques volts à 10 000 volts. Dans le circuit se trouvaient intercalés un inverseur, un milliampèremètre, une résistance liquide et le secondaire d'un transformateur à haute tension, de manière à régulariser le potentiel et, en regardant le tube illuminé dans un miroir tournant, à obtenir une bande lumineuse uniforme.

On reçoit la lumière émanée de l'un des bouts de la partie horizontale du tube sur un écran rouge de manière à isoler la raie C de longueur d'onde 6 562,757 angströms, puis sur un appareil interférentiel permettant de déterminer la variation $\delta\lambda$ que subit la longueur d'onde quand on renverse le sens du courant. La vitesse v des centres peut être alors calculée par la relation

$$\frac{\delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{V},$$

où V est la vitesse de la lumière. On peut d'ailleurs, au lieu de considérer la lumière émanée de l'une des extrémités du tube horizontal, recevoir la lumière émanée de ce tube lui-même suivant une direction inclinée sur son axe; si α est alors l'angle de la direction du tube avec la normale à l'étalon, la variation de longueur d'onde résultant du renversement du courant permet de calculer, non plus v, mais $v' = v \cos\alpha$. Les deux procédés ont d'ailleurs fourni les mêmes résultats numériques.

D'une manière générale, les centres lumineux sont entraînés de la cathode vers l'anode, sans doute par des électrons. Trois facteurs influent sur la vitesse : la pression, l'intensité du courant et le diamètre du tube. M. Perot s'est attaché à faire varier séparément ces trois données; il a trouvé :

1° Pour un tube donné et à pression constante, la vitesse croît avec l'intensité du courant;

2° Pour un même courant et une même pression, la vitesse est d'autant plus grande que le tube est plus étroit; bien qu'on ne puisse énoncer de loi nette, sans doute à cause de l'influence des parois, on peut dire que le rapport de la vitesse à la racine carrée de la densité de courant varie peu, tout au moins pour les pressions élevées (6,5 mm de mercure);

3° Pour un tube donné et une intensité de courant déterminée, la vitesse croît lorsque la pression diminue (de 135 m : sec à 565 m : sec quand la pression passe de 19,4 mm à 0,28 mm, avec courant de 20 milliampères). Mais il se présente ce fait particulier que, dans un certain intervalle de pression (6 à 13 mm), un tube peut donner deux vitesses différentes suivant qu'on a fait croître ou décroître la pression pendant le fonctionnement. Cela tient à ce qu'il existe deux régimes dans cet intervalle, l'un avec stratifications qui est seul stable aux pressions élevées et qui se maintient jusque vers 6 mm quand on diminue la pression; l'autre sans stratifications, seul stable aux basses pressions, mais qui se maintient jusqu'à 13 mm lorsqu'on fait croître la pression.

Dans ces expériences, la plus grande vitesse observée a été de 1740 m : sec dans un tube de 1 mm de diamètre, le courant étant de 0,152 ampère, soit près de 0,2 ampère : mm². Cette vitesse est de l'ordre de celle qu'avait trouvée M. Pérot pour l'hydrogène solaire, 3800 m : sec.

Sur certaines particularités de la vitesse des centres lumineux dans les tubes à hydrogène (1).

Complétant les résultats indiqués ci-dessus, ceux qui sont indiqués dans cette nouvelle communication se rapportent : 1° aux stratifications; 2° à l'influence de la longueur d'onde sur la vitesse mesurée :

1° Tout d'abord, M. Perot a cherché, toujours avec la raie C, à déterminer la vitesse des centres en des régions différentes d'un tube capillaire présentant des stratifications. L'expérience a été faite en recevant la lumière suivant une direction inclinée sur la normale à l'axe du tube, et projetant sur l'étalon interférentiel une image du tube, constituée par une série de plages lumineuses séparées par des intervalles relativement obscurs. A l'aide d'un écran percé d'ouvertures convenables, on peut laisser passer, soit la lumière des régions brillantes, soit

(1) A. Perot, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 13 janvier 1913, p. 132-135.

(1) A. Perot, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 27 janvier 1913, p. 310-313.



celle des régions sombres. Bien que les contours des stratifications ne soient pas nets, l'image du tube étant faite dans une direction aussi voisine que possible de l'axe de ce tube, on peut affirmer que la vitesse est plus grande dans les parties brillantes que dans les parties sombres. Comme, d'autre part, le champ électrique est plus grand dans les parties brillantes que dans les parties sombres, d'après M. Wilson, il semble bien qu'il doive exister une relation étroite entre le champ et la vitesse.

2° Si l'on mesure successivement sur le même tube, dans les mêmes conditions de pression et d'intensité, la valeur de la vitesse sur la raie C et sur la raie F (4861,3 angströms), on trouve des nombres différents dont le rapport paraît constant et égal à 1,6, la vitesse mesurée avec la raie de plus petite longueur d'onde étant la plus grande. Ce rapport est sensiblement égal au rapport inverse des carrés des longueurs d'onde. M. Perot donne une explication théorique de cette égalité.

M. Perot fait ensuite remarquer que, tandis que, d'après cette théorie, la vitesse mesurée sur des raies brillantes d'émission doit dépendre de la longueur d'onde, celle qui est mesurée sur les raies obscures d'absorption du spectre solaire doit en être indépendante; or, c'est bien ce qu'on observe.

ÉLECTROLYSE.

Variation de la force électromotrice par le mouvement de l'électrolyte (1).

Au cours d'un travail sur les soupapes électrolytiques à l'aluminium, l'auteur observa que la force électromotrice variait quand on déplaçait l'électrode dans la cellule et que cette variation s'annulait après un certain temps.

Tout d'abord M. Procopiu pensa que cette variation provenait de ce que le déplacement de l'électrode détachait la couche gazeuse formée à la surface de cette électrode. Mais ayant remarqué que le sens de la variation différait suivant que l'on déplaçait l'une ou l'autre électrode, il rejeta cette explication et entreprit des expériences spéciales pour mieux étudier le phénomène.

Dans ces nouvelles expériences il élimina l'influence des gaz déposés sur l'électrode en employant des liquides bouillis ou en se servant d'éléments réversibles impolarisables pour que le passage du courant ne donne pas de gaz aux électrodes; en outre, les mesures de force électromotrice étaient faites sans débit de courant par la méthode de Poggendorf.

Les éléments galvaniques étudiés sont soit des éléments de concentration, soit des éléments Daniell. Dans tous les cas, les électrodes étaient placées dans des vases distincts que réunissait un siphon.

La mesure de la force électromotrice se faisait avec un potentiomètre Carpentier sensible à 1.10^{-4} volt associé à un galvanomètre qui n'était sensible qu'à 2.10^{-4} volt. Le potentiomètre était alimenté par deux accumulateurs dont la variation de force électromotrice pendant une demi-journée était inférieure à 10^{-4} volt, de sorte que l'on pouvait négliger la variation pendant la durée d'une mesure, laquelle ne dépassait pas 30 minutes.

Dans les éléments de concentration, les électrodes étaient en aluminium, en cuivre ou en zinc; les électrolytes étaient des dissolutions des sulfates correspondants. Le schéma représentatif d'un de ces éléments était donc

$$\mathrm{Al} \left| \underset{\text{conc. } 2}{\mathrm{Al^2(SO^4)^3}} \right| \underset{\text{conc. } \frac{1}{n}}{\mathrm{Al^2(SO^4)^3}} \left| \mathrm{Al}. \right.$$

En prenant un élément à l'aluminium dans lequel le rapport des concentrations était 100, M. Procopiu a constaté qu'en déplaçant l'électrode positive (celle plongeant dans le liquide le plus concentré), il y a augmentation de la f. é. m., augmentation qui atteint bientôt une valeur limite et demeure constante si l'on continue à déplacer l'électrode. Le déplacement de l'électrode négative (celle du liquide le plus étendu) fait diminuer la force électromotrice qui passe bientôt par une valeur limite qui ne modifie pas la continuation du déplacement. La force électromotrice initiale étant de 0,084 volt, on trouve 0,036 volt pour l'augmentation maximum résultant du déplacement de l'électrode positive et 0,081 volt pour la diminution maximum produite par le déplacement de l'autre électrode.

Avec un élément de concentration au zinc où le rapport de concentration est 10, la f. é. m. initiale est 0,0044 volt et les variations provenant du déplacement sont respectivement 0,0006 et 0,0036 volt.

Dans les éléments Daniell employés, les concentrations étaient faibles pour éviter qu'il ne se produise des dissymétries spontanées dans le liquide. Suivant la concentration, la force électromotrice initiale se trouvait comprise entre 1,1032 et 1,1092 volt; les augmentations résultant du déplacement de l'électrode cuivre étaient comprises entre 0,0012 et 0,0023 volt; les diminutions entre 0,0020 et 0,0060 volt. Avec ces éléments l'auteur a évalué le temps au bout duquel la force électromotrice reprenait sa valeur initiale, l'électrode déplacée étant maintenue dans sa position finale; il a trouvé que pratiquement ce temps était de 15 minutes, quelle que soit l'électrode déplacée.

A la suite de ces expériences l'auteur rejeta l'hypothèse que ces phénomènes fussent dus à une couche gazeuse sur les électrodes, car, d'une part, ces phénomènes ne se produisent pas quand on emploie des liquides bouillis et, d'autre part, on ne saurait expliquer ainsi pourquoi la f. é. m. revient à sa valeur primitive.

La variation de température provenant du frottement de l'électrode déplacée dans le liquide ne saurait non plus être la cause de ces phénomènes, car s'il en était ainsi on devrait trouver des variations de f. é. m. différentes suivant la rapidité du déplacement, ce qui n'est pas. D'ailleurs l'élément Daniell ayant un coefficient de température extrêmement faible (0,000 034 volt par degré), il ne pourrait donner des variations de f. é. m. de l'ordre de grandeur de celles observées.

(1) St. PROCOPIU, *Annales scientifiques de l'Université de Jassy*, t. VII, 3e fasc., 1912, p. 224-234. Travail fait au Laboratoire de Physique de Jassy, sous la direction du professeur Hurmuzescu.

La seule explication possible est donc que la concentration dans le voisinage de l'électrode est différente de celle dans le reste du liquide; quand on déplace l'électrode, on la met en contact avec de nouvelles couches de concentration différente et l'on observe une variation de force électromotrice; si, après avoir été déplacée, l'électrode est maintenue au repos, les couches voisines de l'électrode prennent peu à peu la concentration qui correspond à l'équilibre et la force électromotrice reprend sa valeur initiale.

Cette explication se prête à diverses considérations théoriques que l'auteur expose comme il suit :

Le sens du phénomène. — Considérons la variation de l'énergie interne, laquelle dépend de la masse du liquide en mouvement et de la force électromotrice, on a

$$du = M\,dx + E\,dm,$$

dans laquelle : M est la masse en mouvement; x, un facteur de position, dont dépend le mouvement; E, la f. é. m.; dm, la variation du courant.

dm est fonction de la concentration et de dx, donc

$$dm = \frac{dm}{dc}dc + \frac{dm}{dx}dx.$$

Tenant compte de cette relation, écrivons la condition pour que dU soit une différentielle exacte

$$E\frac{d^2m}{dc\,dx} + \frac{dE}{dx}\frac{dm}{dc} + \frac{dM}{dc} + \frac{dE}{dc}\frac{dm}{dx} + E\frac{d^2m}{dx\,dc}.$$

Mais $\frac{dM}{dc} = 0$. Donc on a finalement

(1) $$\frac{dE}{dx}\frac{dm}{dc} = \frac{dE}{dc}\frac{dm}{dx}.$$

Et comme

(2) $$\frac{dm}{dc} = \frac{dm}{dx}\frac{dx}{dc},$$

on a, en introduisant cette valeur dans la relation (1),

(1 *bis*) $$\frac{dE}{dx} = \left(\frac{dE}{dc}\right)\frac{C_2}{C_1}\frac{dc}{dx}$$

où C_1 et C_2 sont les concentrations à l'électrode positive et négative.

La formule (1 *bis*) montre que la variation de E dépend de deux facteurs : la variation de E avec la concentration et la variation de la concentration avec le mouvement. L'existence du deuxième facteur est l'hypothèse de l'auteur.

$\frac{dE}{dx}$ ayant une valeur réelle, $\frac{dc}{dx}$ ne peut être zéro. Supposons qu'autour des électrodes se trouve une solution plus diluée que le reste du liquide; alors par le mouvement, la concentration autour des électrodes augmente donc $\frac{dc}{dx}$ est positif. $\frac{dE}{dc}$ dépend comme signe de C_1 et de C_2.

D'après la théorie osmotique de la pile, de Nernst, la formule pour les éléments de concentration est

$$E = -\frac{2u}{U+v}\frac{0,058}{n}\log\frac{C_1}{C_2} \qquad (C_1 > C_2)$$

et pour Daniell

(3) $$E = \frac{0,058}{2}\log K\frac{C_{cuivre}}{C_{zinc}} = \frac{0,058}{2}\log K\frac{C_1}{C_2},$$

où u, v sont les vitesses des ions; n, la valence des ions; K, une constante; C_1 et C_2, les concentrations aux pôles positif et négatif.

On voit aisément que $\frac{dE}{dC_1}$ est positif, donc $\frac{dE}{dx}$ est positif, c'est-à-dire que, par le mouvement de l'électrode positive, E augmente, fait vérifié expérimentalement.

Si C_2 varie, $\frac{dE}{dC_2}$ est négatif, donc $\frac{dE}{dx}$ est négatif. E diminue quand on déplace l'électrode négative, ce que l'expérience vérifie. Donc l'hypothèse, admise au commencement, qu'*autour des électrodes il y a une couche pauvre en ions*, convient.

Si l'on tient compte de l'équation (3) de Nernst, connaissant la variation de E, on peut calculer approximativement la variation de C_{cuivre} et C_{zinc} et par suite leur valeur autour des électrodes.

Si ε_1 et ε_2 sont les variations aux deux électrodes, (3) devient

$$E_0 = \frac{0,058}{2}\log K\frac{C_1-\varepsilon_2}{C_2-\varepsilon_1}.$$

Mais après le mouvement, la solution s'uniformise même autour des électrodes, la couche disparaît et le reste du liquide ne subit aucun changement, ε_1 et ε_2 étant négligeables envers C_1 et C_2. On peut donc écrire approximativement, après le mouvement de l'électrode positive,

$$E_1 = \frac{0,058}{2}\log K\frac{C_1}{C_2-\varepsilon_2},$$

d'où

$$E_1 - E_0 = \Delta E_{max.} = \frac{0,058}{2}\log\frac{C_1}{C_1-\varepsilon_1}.$$

Si l'on fait $C_1 = 1$ on obtient

$$\Delta E_{max.} = \frac{0,058}{2}\log\frac{1}{1-\varepsilon_1}.$$

Pour $\Delta E_{max.} = 0,0016$, on trouve $\varepsilon_1 = 0,12$. Donc autour du cuivre on a la concentration $C_1 - 0,12\,C_1$.

Par un calcul identique on trouve pour le zinc : $\varepsilon_2 = 0,18$. Donc la concentration y est : $C_2 - 0,18\,C_2$.

L'auteur a essayé aussi de calculer l'épaisseur de la couche appauvrie, en tenant compte du temps après lequel E revient à sa valeur initiale; mais ne connaissant pas la cause de cet appauvrissement, il est difficile de trouver une formule.

Cet appauvrissement est dû probablement à une répulsion électrostatique. Il est dès lors difficile d'imaginer qu'en face de la couche double de Helmholtz-Lippmann,

les deux concentrations sont en continuité. Il est plus aisé de concevoir que le passage est continu et relativement lent, jusqu'à une valeur limite, atteinte par la masse du liquide.

La couche double a une grandeur de 10^{-7} cm (Lippmann); la valeur de la couche appauvrie est plus grande que cela, comme on peut se faire une idée d'après le temps, relativement long (15 minutes), de diffusion, nécessaire au rétablissement de la valeur initiale.

D'ailleurs Gouy a émis une hypothèse analogue en étudiant la tension superficielle du mercure au contact d'une solution.

Si la couche en question a une valeur notable, on peut prévoir que la résistance d'un élément variera par le mouvement d'une ou des deux électrodes. Les expériences faites par l'auteur à ce sujet ne lui ont donné rien de décisif, à cause de la faible sensibilité des appareils employés. Si l'on connaissait l'étendue de la couche, on pourrait calculer, même approximativement, la valeur de ΔR. Il y a déjà quelques travaux sur la variation de la résistance par le mouvement de l'électrolyte. Bosi trouva une variation, mais Hall et Nabl ont nié tout phénomène [1].

En résumé, écrit M. Procopiu :

1° Par le mouvement de l'électrolyte on obtient une variation de la force électromotrice;

2° Le sens de cette variation est parfaitement déterminé par la considération d'une couche appauvrie autour des électrodes;

3° On peut calculer approximativement la dilution.

Retard de l'électrolyse sur la force électromotrice polarisante [2].

Quand on polarise une électrode au moyen d'une force électromotrice suffisante pour produire l'électrolyse, on peut se demander s'il y a simultanéité entre ce dernier phénomène et l'application de la force électromotrice, ou bien si le dégagement gazeux ne commence qu'un temps fini t après la mise en circuit; si celle-ci, dans la seconde hypothèse, n'a lieu que pendant un temps très court, inférieur à t, on doit s'attendre à n'apercevoir encore aucune bulle pour une force électromotrice qui, appliquée en permanence, produira une électrolyse continuelle.

Pour se rendre compte de ce qui se passe, l'auteur a observé au microscope une électrode constituée par un fil fin de platine soudé dans un tube de verre dont l'extrémité est ensuite polie sur une meule fine; l'autre électrode est un fil de platine de 0,5 mm de diamètre; toutes deux plongent dans une solution d'acide sulfurique à $\frac{1}{6}$ en volume. Un appareil à chute met, pendant un temps très court, le voltamètre en dérivation sur le circuit d'un accumulateur; la durée du contact était de 0,12 seconde.

On constate qu'à partir d'une certaine force électromotrice m, le contact instantané ne donne encore lieu à aucune électrolyse, tandis qu'en laissant la communication fermée plus longtemps, on voit des bulles apparaître. Au-dessus d'une certaine force électromotrice $M \geqq m$, elles se forment même en 0,12 seconde. Ajoutons qu'à partir d'une certaine valeur de la force électromotrice entre m et M, il y a électrolyse réelle en régime permanent. En opérant avec des électrodes de diamètre différent (de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{100}$ mm) l'auteur a observé que la différence $M - m$ diminue en même temps que la surface de l'électrode.

De ces expériences il résulte que l'électrolyse subit un retard appréciable sur l'application de la force électromotrice polarisante.

MAGNÉTISME.

Sur la production des champs magnétiques intenses à la surface du Soleil [1].

On regarde souvent les champs des taches solaires comme produits par des tourbillons de gaz électrisés, dont l'élément de volume dv transporte la charge δdv avec la vitesse V et produit ainsi le champ $\frac{V \sin\alpha \, dv}{r^2}$ (effet Rowland). Cette idée semble plausible au point de vue qualitatif, mais dans les expériences du genre de celles de Rowland, il faut mettre en jeu des charges produisant des champs électriques *intenses*, pour n'obtenir que de *très faibles* champs magnétiques. Ce contraste n'est pas changé par la vaste échelle des phénomènes solaires, car les deux champs conservent leurs rapports dans des tourbillons semblables, si V et δ restent les mêmes aux points homologues.

Si l'on exprime les deux champs F (électrique) et H (magnétique) en volts : cm et en gauss, les champs dF et dH produits par un élément de volume sont dans le rapport $\frac{300\,c}{\sqrt{\sin\alpha}}$, c étant la vitesse de la lumière. Les champs F et H en un même point ne sont pas proportionnels, mais si l'on calcule leurs plus grandes valeurs F_1 et H_1 (en des points différents), les conditions de l'intégration sont comparables et le rapport de ces deux valeurs est au moins de l'ordre de grandeur $\frac{300\,c}{V_1}$, en désignant par V_1 la plus grande valeur de V.

Pour qu'un tourbillon électrisé produisît, par l'effet Rowland, les milliers de gauss qui montrent les taches, il faudrait donc qu'il y eût quelque part dans le gaz des champs électriques énormes (des milliards de volts : cm), qu'aucun milieu matériel connu ne peut supporter.

Il faut donc chercher dans une autre direction. On admet généralement qu'en raison de leur température élevée les gaz du Soleil sont en partie ionisés, c'est-à-dire conducteurs, et aussi qu'ils sont le siège d'une circulation active, exigée par le transport de la chaleur. Or avec des conducteurs en mouvement on peut imaginer une dynamo capable de créer un champ magnétique fort, pourvu qu'elle soit amorcée par un champ faible. On peut donc

(1) *Voir* Luther, *Elektrische Leitfähigkeit der Elektrolyte*, dans Winkelmann, Bd. IV, p. 433.

(2) A. Grumbach, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 17 février 1913, p. 542-543.

(1) Gouy, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 17 février 1913, p. 512-513.



concevoir l'existence dans le Soleil de dynamos gazeuses produisant de tels effets, si les courants gazeux présentent des dispositions appropriées et possèdent une énergie mécanique suffisante. C'est là la base de l'explication que développe M. Gouy; pour les détails, nous renvoyons le lecteur au travail original.

ÉLECTRO-OPTIQUE.

Sur la durée d'établissement de la biréfringence électrique [1].

Les expériences antérieures de M. Blondlot, de MM. Abraham et Lemoine, de M. James, de M. Gutton lui-même ont montré que la biréfringence électrique du sulfure de carbone disparaît un temps très court après la suppression du champ de force électrique : le retard, s'il existe, n'excéderait pas le temps pendant lequel la lumière se propage de 0,50 m.

Les nouvelles expériences de M. Gutton montrent que cependant dans un champ électrique d'intensité variable les variations de la biréfringence ne suivent pas exactement celles du champ.

La méthode employée consiste à compenser l'effet de la biréfringence d'un liquide par celui de la biréfringence d'un autre liquide soumis à un champ perpendiculaire à la direction du champ qui agit sur le premier liquide : Les deux liquides étant placés entre un polariseur et un analyseur à l'extinction dont les plans de polarisation sont inclinés à 45° par rapport aux armatures plongées dans les liquides, on met ces armatures en relation avec les pôles d'une machine de Holtz et l'on ramène l'extinction en augmentant ou diminuant la distance du couple d'armatures plongées dans un même liquide. Ce réglage effectué, on supprime les communications avec la machine de Holtz pour les rétablir avec un oscillateur donnant des ondes hertziennes de 2,20 m de longueur d'onde; on voit réapparaître la lumière. C'est donc que la variation de la biréfringence ne se produit pas aussi rapidement dans les deux liquides. On peut d'ailleurs déterminer dans lequel des deux liquides la variation de biréfringence suit le mieux la variation du champ d'après le sens suivant lequel il faut faire varier l'épaisseur d'un des liquides pour rétablir l'extinction.

En comparant le sulfure de carbone à divers liquides, l'auteur a reconnu que, dans la naphtaline bromée et dans la nitrobenzine, qui ont des constantes de Kerr supérieures à celles du sulfure de carbone, la biréfringence s'établit plus vite que dans ce dernier. Elle s'établit moins vite dans le benzène, le toluène et le cumène, lesquels ont des constantes de Kerr inférieures à celle du sulfure de carbone.

(1) C. Gutton, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 3 février 1913, p. 387-389.

Les poids atomiques pour 1913. — La Commission internationale des poids atomiques, composée de MM. F.-W. Clarke, T.-E. Thorpe, W. Ostwald et G. Urbain, vient de publier la liste corrigée des poids atomiques pour 1913. Nous la reproduisons ci-dessous dans l'ordre alphabétique des symboles désignant les corps :

Ag	Argent........	107,88	F	Fluor.........	19,0	Na	Sodium.......	23,00	Se	Sélénium	79,2
Al	Aluminium ...	27,1	Fe	Fer...........	55,84	Nb	Niobium......	93,5	Si	Silicium	28,3
Ar	Argon	39,88	Ga	Gallium	69,9	Nd	Neodymium...	144,3	Sm	Samarium.....	150,4
As	Arsenic.......	74,96	Gd	Gadolinium...	157,3	Ne	Néon	20,2	Sn	Etain.........	119,0
Au	Or......... . .	197,2	Ge	Germanium...	72,5	Ni	Nickel........	58,68	Sr	Strontium.....	87,63
B	Bore........ ..	11,0	H	Hydrogène....	1,008	Nt	Niton (Emana-		Ta	Tantale.... ..	181,5
Ba	Baryum.......	137,37	He	Hélium	3,99		tion du radium)	222,4	Tb	Terbium......	159,2
Bi	Bismuth......	208,0	Hg	Mercure.......	200,6	**O**	**Oxygène**......	**16,00**	Te	Tellure........	127,5
Br	Brome........	79,92	Ho	Holmium.....	163,5	Os	Osmium.... .	190,9	Th	Thorium......	232,4
C	Carbone.......	12,00	In	Indium	114,8	P	Phosphore....	31,04	Ti	Titane........	48,1
Ca	Calcium.......	40,17	Ir	Iridium.......	193,1	Pb	Plomb......	207,10	Tl	Thallium......	204,0
Cd	Cadmium.....	112,40	I	Iode..........	126,92	Pd	Palladium . ..	106,7	Tu	Thulium......	168,5
Ce	Cérium.......	140,25	K	Potassium	39,10	Pr	Praséodymium	140,6	U	Uranium.	238,5
Cl	Chlore...... .	35,46	Kr	Krypton	82,92	Pt	Platine	195,2	V	Vanadium.....	51,0
Co	Cobalt........	58,97	La	Lanthane	139,0	Ra	Radium.......	226,4	Tn	Tungstène	184,0
Cr	Chrome.......	52,0	Li	Lithium	6,94	Rb	Rubidium.....	85,45	X	Xénon	130,2
Cs	Cæsium.......	132,81	Lu	Lutetium	174,0	Rh	Rhodium	102,9	Yr	Yttrium.......	89,0
Cu	Cuivre........	63,57	Mg	Magnésium	24,32	Ru	Ruthénium. ..	101,7	Yb	Ytterbium	172,0
Dy	Dysprosium...	162,5	Mn	Manganèse....	54,93	S	Soufre..	32,07	Zn	Zinc..........	65,37
Er	Erbium.......	167,7	Mo	Molybdène.. .	96,0	Sb	Antimoine....	120,2	Zr	Zirconium....	90,6
Eu	Europium.....	152,0	Az	Azote.........	14,01	Sc	Scandium... .	44,1			

VARIÉTÉS.

MATIÈRES PREMIÈRES.

Les alliages du cuivre et leurs progrès récents.

Dans une Conférence faite le 12 décembre dernier, et publiée dans le supplément de *La Technique moderne* du 15 février, M. Léon Guillet, professeur de métallurgie au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École centrale des Arts et Manufactures, a donné d'amples renseignements sur les progrès récemment réalisés dans la fabrication des alliages du cuivre, en insistant sur l'influence qu'ont eue sur ces progrès les recherches scientifiques antérieures. Nous résumons ci-dessous les principaux points de cette Conférence :

Avant-propos. — Si la métallurgie du cuivre ne peut être comparée à la sidérurgie par le poids de métal obtenu, le nombre et l'importance des usines qui le produisent ou l'utilisent, elle peut lui être comparée au point de vue de la valeur des produits.

Cette valeur est, d'ailleurs, fort variable par suite de la spéculation qui se fait sur le cuivre. Si l'on compare les cours de 1900 à 1910, on constate que le cours le plus élevé est de 282 fr les 100 kg (en 1907), et le cours le plus bas de 113 fr les 100 kg (en 1902), présentant entre eux une différence de 169 fr. Dans une même année (1907), une différence presque aussi importante (146 fr) s'est produite entre le cours le plus élevé (282 fr) et le plus bas (136 fr).

La consommation mondiale, en tonnes de 1000 kg, a passé de 512 700 tonnes en 1900 à 895 000 tonnes en 1910; la production a naturellement subi une progression analogue.

Le cuivre présente par lui-même certaines qualités mécaniques ou électriques qui expliquent ses nombreux emplois à l'état métallique. Toutefois, il n'est pas sans inconvénient : difficultés de moulage (1), faible résistance à la traction, etc. Aussi sont-ce les alliages du cuivre qui présentent le plus d'intérêt.

Alliages de cuivre industriels. — Outre les laitons (cuivre et zinc) et les bronzes (cuivre et étain), on emploie, en quantités plus ou moins grandes, divers autres alliages de cuivre :

1° Alliages de cuivre et de nickel et alliages de cuivre, de nickel et de zinc, dont la couleur et la malléabilité font le principal succès;

2° Alliages de cuivre et d'aluminium (bronzes d'aluminium) qui se forgent aisément et se coulent, non toutefois sans de grandes difficultés;

3° Alliages de cuivre et de silicium, employés surtout à l'état de fils;

4° Alliages de cuivre et de manganèse, utilisés surtout sous forme de barres pour entretoises de foyers de chaudières;

5° Alliages de cuivre et d'arsenic, qui tendent à se substituer au cuivre pur, là surtout où il doit y avoir résistance à température élevée.

Progrès dans la construction des fours de fusion. — La température de fusion d'un alliage de cuivre n'est pas très élevée : elle varie entre 950° et 1150° (exception pour certains alliages de nickel). Si l'on admet que l'alliage, pendant l'opération, ne doit pas dépasser une température supérieure de 100° à 150° à son point de fusion, on voit qu'il n'y a pas lieu de recourir à un four très compliqué.

L'oxydabilité du cuivre et de ses alliages est un point des plus importants, non seulement au point de vue des pertes, qui augmentent le prix de revient, mais surtout pour les scories, qui peuvent rester dans le métal et en diminuer singulièrement la valeur. On combat en général l'influence de cette oxydation par une addition faite au moment de la coulée.

Trois points ont attiré l'attention de ceux qui, au cours de ces dernières années, ont étudié les fours utilisés dans les fonderies de cuivre : l'économie de combustible, la facilité de manipulation, les pertes à la fusion. Ces dernières années ont vu naître d'importants perfectionnements dans ces fours (fours Rousseau, Charlier, Morgan); mais le progrès le plus important, à savoir le chauffage par le gaz avec récupération, n'est encore utilisé que dans un très petit nombre de fonderies.

Progrès dans le travail a chaud. — Les alliages de cuivre se laminent les uns à froid, les autres à chaud. Dans le travail à chaud, il existe deux procédés très intéressants qui prennent tous deux chaque jour plus d'importance; l'un, déjà ancien, mais qui s'est bien modifié; l'autre, beaucoup plus récent : le procédé Dick et le procédé Franck.

Le procédé Dick consiste dans la compression, à travers une filière, d'un métal susceptible de se travailler à chaud. A l'origine, le métal était déversé à l'état liquide dans un cylindre où, après refroidissement, il était comprimé par un piston hydraulique, pendant qu'il présentait la bonne température de travail, l'autre face du piston étant terminée par une filière à travers laquelle le produit sortait. Actuellement on ne coule plus l'alliage dans le cylindre de la presse; on prépare des lingots analogues à ceux qu'on utilise pour le laminage; on les réchauffe, on les place dans le cylindre et l'on comprime.

Le procédé Franck, tel qu'il fonctionnait il y a quelques années à Francfort, était essentiellement basé sur les travaux de Tresca sur l'écoulement des métaux à froid.

(1) Les difficultés de moulage proviennent surtout de la présence d'oxyde de cuivre, soluble dans le cuivre, et qui crée une discontinuité des cristaux. On vient d'indiquer (*Engineering News*, 18 juillet 1912) un procédé qui, conduisant à une désoxydation complète, permettrait l'obtention de pièces parfaitement saines : il consiste à faire agir le sous-oxyde de bore. Toutefois, ce procédé diminue très sensiblement la conductibilité du cuivre.

On peut dire qu'il était caractérisé par la forme des filières qui avaient pour but de faciliter cet écoulement de la matière et par un frettage extrêmement prononcé de la filière. Mais, du moins à l'usine française qui a utilisé ce procédé, on paraît avoir renoncé à faire passer le métal à froid (évidemment sa température s'échauffe toujours dans le travail); on le chauffe avant de le placer dans le cylindre. Il n'y a donc plus de différence entre les procédés Dick et Franck que dans l'outillage.

Une question toute nouvelle, et qui prend actuellement une importance chaque jour croissante, est celle du matriçage des alliages de cuivre.

Le travail à froid n'a guère fait de progrès au point de vue du laminage et de l'étirage. La tréfilerie a cherché, par de nombreux moyens, à améliorer ses prix de revient; les machines à tréfiler multiples et la fabrication du fil par escargotage sont les perfectionnements les plus importants.

Étude théorique des alliages de cuivre. — Après avoir rappelé quelques notions sur les conséquences qu'on peut tirer des courbes de fusion, M. L. Guillet montre l'importance industrielle des études qui ont été faites sur les alliages du cuivre. Nous nous bornerons à signaler les recherches faites par le conférencier, avec le concours de M. Bernard, sur la variation de la fragilité avec la température. Ces recherches, non encore terminées, ont fourni quelques résultats intéressants. Ainsi, la résilience du laiton de décolletage, qui est de 10 kgm à la température ordinaire, tombe à 1 kgm à 300°; elle se relève à une température de 650° (qui est celle du laminage), mais très faiblement, puisqu'elle n'atteint que 3 kgm à 4 kgm à 800°-850°. Le laiton à 70 parties de cuivre et 30 parties de zinc présente une variation analogue de la résilience jusqu'à 650°; mais à cette température, elle se maintient à 1 kgm ou 2 kgm, et ne montre aucun relèvement, du moins jusqu'à 900°, température maximum atteinte dans les essais. Il y a là un point curieux que M. Guillet espère élucider.

Alliages spéciaux du cuivre. — Sous ce nom sont désignés des bronzes, des laitons et des bronzes d'aluminium, dans lesquels on incorpore volontairement une impureté. Ces alliages sont régis par une loi de substitution assez simple que M. Guillet a établie il y a quelques années, et qu'il rappelle dans sa conférence en prenant comme exemple les laitons qui lui ont servi de point de départ.

Un métal ou un métalloïde ajouté à un laiton peut ou s'isoler (Pb), ou former un constituant spécial (P), ou se dissoudre dans les constituants ordinaires des laitons. M. Guillet a reconnu que, dans le cas de la dissolution, certains métaux se substituent au zinc dans une certaine proportion. Considérons un laiton de titre réel en cuivre A pour 100, de titre réel en zinc B pour 100, et renfermant q pour 100 d'un autre corps, tel que aluminium, manganèse, étain, etc.; si l'on examine au microscope ce laiton, on lui trouve même microstructure qu'un alliage renfermant A' pour 100 de cuivre, B' pour 100 de zinc; A' et B' sont appelés les titres fictifs de l'alliage considéré. En résumé, tout se passe comme si, à la place de 1 pour 100 du corps étranger, on avait introduit dans l'alliage un certain poids de zinc; cet alliage, les proportions étant ramenées à 100, sera l'alliage fictif. Telle est la loi de substitution trouvée par M. Guillet.

La question qui se pose de suite réside dans l'intérêt que peut présenter le titre fictif d'un laiton complexe. Cet intérêt est de la plus haute importance, comme le montre le cas suivant :

Considérons l'alliage formé de 70 parties de cuivre et 30 parties de zinc. Dans cet alliage, remplaçons 4 parties de zinc par 4 parties d'aluminium. L'examen micrographique montre que le nouvel alliage correspond à un titre fictif de 57 pour 100 de cuivre et 43 pour 100 de zinc. Comme l'alliage ayant réellement ce titre, il pourra se laminer à chaud, bien que contenant en réalité, 70 pour 100 de cuivre. D'une manière générale, il aura, les propriétés de l'alliage à 37 centièmes de cuivre et 43 centièmes de zinc, mais améliorées; en particulier, la résistance à la rupture, qui est de 32,6 kg : mm² pour ce dernier alliage, sera de 44,8 kg : mm² pour l'alliage spécial; l'élasticité passe de 6,6 à 23,8.

M. Guillet montre alors les avantages que présentent certains laitons spéciaux au nickel, c'est-à-dire où une certaine quantité de nickel a été substituée au zinc; il donne quelques indications analogues sur les bronzes spéciaux à l'aluminium.

Propriétés mécaniques des alliages de cuivre. — Après avoir résumé sous forme de courbes les résultats des essais de traction effectués sur les principaux alliages de cuivre industriels, M. Guillet examine ce qu'on peut espérer obtenir par l'emploi des alliages spéciaux.

Au point de vue alliage cuivre-étain, il n'y a pas jusqu'ici d'études bien approfondies sur l'influence des additions, en dehors de celles du phosphore. D'ailleurs, l'obligation de faire les essais sur métal coulé enlève de la certitude aux résultats.

L'étude des laitons spéciaux a été beaucoup plus approfondie. Comme exemple des résultats industriels obtenus, M. Guillet cite la progression suivante dans les qualités mécaniques qui a été établie à la Société métallurgique de La Bonneville :

	R.	*E.*	*A.* pour 100	Σ.
Bronze Excelsior A (¹)..	30-50	10-40	35-50	25-50
» » B.....	40-55	12-45	20-45	25-45
» » C.....	50-65	15-50	15-35	20-35

Les bronzes d'aluminium donnent des résultats bien supérieurs encore.

Influence des traitements sur les propriétés des alliages de cuivre. — Les traitements thermiques jouent dans les qualités des alliages de cuivre un rôle très important que, suivant M. Guillet, l'industrie n'utilise peut-être pas autant qu'elle le devrait.

Conclusions. — De ce que la science régit de façon très nette la constitution des produits spéciaux, s'ensuit-il que le champ des recherches soit fermé ? M. Guillet

(¹) Il ne faut pas que le nom de bronze induise en erreur, car il est mal choisi; mais il est dû à la Marine nationale qui appelle depuis longtemps bronzes forgeables, bronzes à haute résistance, les laitons forgeables à chaud et les laitons spéciaux.



ne le pense pas et, à l'appui de son opinion, il cite l'exemple suivant, qui est particulièrement frappant :

L'alliage 83 pour 100 de cuivre et 17 pour 100 de nickel donne, à l'état laminé et recuit, Δ (chiffre de Brinell) = 60; l'alliage 83 pour 100 de cuivre, 15 pour 100 de nickel et 2 pour 100 d'aluminium, qui n'est ainsi formé que d'une solution solide, donne cependant à l'état recuit, Δ = 227, et à l'état coulé, Δ = 191.

Ceci, ajoute M. Guillet, démontre une fois de plus le rôle utilitaire de la Science, que Taine a si bien défini, comme le rappelait récemment M. Le Chatelier :

« Les sciences physiques ont donné aux hommes les moyens de prévoir et de modifier, jusqu'à un certain point, les événements de la nature. Lorsque nous sommes parvenus à connaître la condition nécessaire et suffisante d'un fait, la condition de cette condition et ainsi de suite, nous avons sous les yeux une chaîne de données dans laquelle il suffit de déplacer un anneau pour déplacer ceux qui suivent; en sorte que les derniers, même situés en dehors de notre action, s'y soumettent par contre-coup dès que l'un des précédents tombe sous nos prises. Tout le secret de nos progrès pratiques depuis 300 ans est enfermé là. Nous avons dégagé et défini des couples de faits tellement liés que le premier apparaissant, le second ne manque jamais de suivre, d'où il arrive qu'en opérant directement sur le premier, nous pouvons agir directement sur le second. C'est de cette façon que la connaissance accrue accroît la puissance : et la conséquence manifeste est que la recherche fructueuse est celle qui, démêlant les couples, c'est-à-dire les conditions et dépendances des choses, permet à la main de l'homme de s'interposer dans le grand mécanisme pour déranger ou redresser quelque petit rouage, un rouage assez léger pour être remué par main d'homme, mais tellement important que son déplacement ou raccord puisse amener un changement énorme dans le jeu de la machine et l'employer tout entière au profit de l'insecte intelligent par lequel l'économie de sa structure aura été précisée. »

La production et la consommation de la houille en France. — En prenant possession du fauteuil présidentiel de la Société des Ingénieurs civils de France, M. L. Mercier a, comme nous l'avons antérieurement annoncé (numéro du 7 février), passé en revue les moyens dont dispose aujourd'hui l'ingénieur dans la recherche de la mise en œuvre des mines nouvelles. Bien que M. Mercier ait mis en relief les nombreux services que l'électricité rend chaque jour dans l'industrie minière, et que l'ensemble de son discours soit des plus intéressants par les idées générales qu'il renferme, le sujet traité est trop en dehors de ceux qui forment le fond de ce journal pour que nous puissions le reproduire. Nous nous bornerons à citer le passage suivant qui montre que, malgré les efforts faits par les compagnies houillères, l'accroissement de la production de la houille ne suit pas l'accroissement de sa consommation.

« La France apparaît dès maintenant en Europe comme un des pays les plus riches (sinon le plus riche) en minerai de fer. Malheureusement nos découvertes de combustibles ne présentent pas la même importance et rien jusqu'ici n'est venu infirmer les conclusions que formulait, ici même il y a 5 ans, M. Reumaux, et qui ont pu paraître pessimistes à quelques-uns. Les persévérants efforts des chercheurs, les sommes considérables qu'ils ont consacrées à leurs travaux, n'ont abouti qu'à de minces résultats qui, il faut bien le dire, ne modifieront guère la capacité de production des houillères françaises.

» L'équilibre se rompt de plus en plus entre notre production et notre consommation. Jusqu'en 1899 elles avaient suivi une marche sensiblement parallèle, laissant entre elles deux un écart déficitaire de 10 à 14 millions de tonnes. Depuis cette époque, l'excédent de la consommation sur la production s'est accru dans des proportions qui seraient inquiétantes s'il ne correspondait à un développement encourageant de notre industrie, développement qui s'affirme d'autant plus que les charbonniers ont fortement accru leur production.

» En prenant pour termes de comparaison les trois années 1890, 1900 et 1910, on constate qu'alors que l'extraction est montée chez nous de 26 millions de tonnes de houille à 33 millions, puis à 38 millions passés, la consommation est allée de 36 millions de tonnes à 48 millions et enfin à 56 millions. L'écart entre les deux, partant de 10 millions de tonnes en 1890, arrive à 15 millions en 1900 et à 18 180 000 tonnes en 1910.

» Ainsi donc, en 20 ans notre extraction de houille s'est augmentée de 50 pour 100, mais l'écart entre la production et la consommation s'est accru de 75 pour 100. L'importation comble le vide qui s'élargira probablement encore d'année en année, car rien jusqu'ici ne fait prévoir la découverte de gisements nouveaux. »

Le tungstène substitué au platine. — A cause de sa grande dureté, de sa haute conductibilité calorifique et de sa faible tension de vapeur, le tungstène semble mieux approprié pour constituer des contacts électriques que le platine. Dans les fours électriques où l'on a besoin de températures très élevées, ce métal est également recommandable soit qu'on l'utilise sous forme de fil enroulé autour du récipient à chauffer, soit sous forme de tube constituant lui-même le récipient. Dans une atmosphère d'hydrogène ou hydrogène et azote mélangés, ces fours permettent d'atteindre 1800° C. M. C.-G. Fink, ingénieur de la General Electric Company à Harrisson, a eu l'idée d'essayer des couples thermo-électriques tungstène-molybdène pour mesurer des températures auxquelles les couples platine-platine rhodié ne résistent pas. Leur force électromotrice croît avec la température jusqu'à 540° où elle est 12,5 millivolts, puis elle décroît, repasse par zéro à 1300° et croît de nouveau en sens contraire.

Les fils de tungstène étirés au diamètre de 0,005 mm présentent une résistance suffisante pour pouvoir être utilisés à la suspension des équipages mobiles de galvanomètres, ou encore comme fils de réticule. Le paramagnétisme du tungstène recommande ce métal pour la confection exclusive des ressorts de montre et des appareils de mesure électriques. Comme il ne se laisse pas facilement rayer ou bosseler, qu'il est lourd et inoxydable à l'air, il convient aussi pour la confection des boîtes de poids étalonnés. Le tungstène brut coûte à peu près deux fois aussi cher que le nickel; pur il est estimé 100 fr à 120 fr le kilog.



Tome XIX. **N° 224. — 18 avril 1913.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Dans le numéro du 7 mars, M. Daniel Berthelot faisait observer (p. 231), à propos d'un article antérieur de M. E. Darmois (7 février 1913, p. 139), que Jamin et M. Maneuvrier avaient observé, dès 1882, l'effet de redressement produit sur un courant alternatif par un arc entre mercure et charbon. Il en concluait que la découverte du phénomène utilisé ultérieurement par M. Cooper-Hewitt dans sa lampe au mercure devait être en toute justice attribuée aux deux savants français dont nous venons de citer les noms.

Dans un nouvel article, publié page 353 de ce numéro et intitulé **A propos des redresseurs à vapeur de mercure**, M. E. DARMOIS revient sur cette question. Il fait remarquer que les expériences de Jamin et Manœuvrier montrent seulement « qu'il y a *prédominance* du courant qui va *du mercure au charbon* » dans les conditions où ont opéré ces savants, tandis que dans la lampe Cooper-Hewitt c'est précisément le courant allant du mercure au charbon qui est supprimé, puisque dans cette lampe c'est le mercure qui joue le rôle de cathode.

Le réglage de la tension aux bornes d'un circuit alimenté par une batterie d'accumulateurs peut s'effectuer soit par la mise en circuit ou hors circuit d'un certain nombre d'éléments de réduction, soit en associant en série avec la batterie, dont le nombre des éléments en service reste alors constant, un survolteur-dévolteur. Ce dernier procédé est aujourd'hui le plus employé, d'une part, parce qu'il est généralement indispensable d'avoir un survolteur pour effectuer la charge de la batterie et qu'il n'est guère plus onéreux de prendre un survolteur-dévolteur; d'autre part, parce que le coût des conducteurs de liaison des éléments de réduction au réducteur augmente rapidement avec l'intensité du courant dont on veut régler la tension et devient prohibitif dans les grandes installations.

Dans un article, **les réducteurs d'accumulateurs avec éléments de réduction auxiliaires**, dont une analyse détaillée est donnée pages 354 à 358, M. C. KJÄR, après avoir fait remarquer que le réglage par éléments de réduction est, sous certains rapports, préférable au réglage par survolteur-dévolteur, rappelle une solution du premier mode de réglage qui permet de réduire considérablement le coût de l'installation du réducteur et ses connexions. En principe, cette solution consiste à grouper ensemble un nombre d'éléments de réduction double ou triple de celui qu'exigerait, dans le montage ordinaire, la variation minimum de force électromotrice dont on veut pouvoir disposer. Ainsi, si l'on veut pouvoir modifier la force électromotrice par sauts de 4 volts, les groupes de réduction doivent être formés de 2 éléments dans le montage ordinaire tandis qu'ils seront constitués de 4 ou 6 éléments dans le mon-

tage que préconise l'auteur. On réduit nécessairement ainsi le nombre des connexions à la moitié ou au tiers de celui du montage ordinaire. Pour conserver toutefois la possibilité de ne faire monter ou descendre la tension que par échelons de 4 volts, 1 ou 2 groupes auxiliaires de deux accumulateurs peuvent être insérés dans le circuit ou en être enlevés.

Cette solution a déjà été appliquée dans divers dispositifs tels que celui de Erlacher et Basso et celui de Siemens-Schuckert. Mais suivant l'auteur, l'un et l'autre de ces dispositifs présentent divers inconvénients dans l'exploitation. C'est pour remédier à ces inconvénients que M. Kjär préconise un autre dispositif, dans lequel les éléments auxiliaires, au lieu d'ajouter leur force électromotrice à celle de la batterie, sont disposés en opposition. Diverses variantes peuvent être apportées au dispositif primitif.

La **terminologie relative aux machines** vient d'être l'objet d'un rapport de M. E.-J. BRUNSWICK à la première section du Comité de la Société internationale des Électriciens. Cette terminologie a déjà reçu l'approbation du Syndicat des Usines d'Électricité, du Syndicat des Industries électriques et du Comité électrotechnique français. Dans ces conditions, il est à espérer qu'elle sera appliquée non seulement dans les publications techniques, mais encore dans les publications commerciales où l'on rencontre trop souvent des termes qui paraissent créés pour dérouter le lecteur. On trouvera pages 359 à 362 la reproduction de ce rapport.

*
* *

Dans une conférence faite récemment au Conservatoire des Arts et Métiers, M. MAZEN, le sympathique et distingué ingénieur en chef des Chemins de fer de l'État, a exposé d'une manière magistrale l'état actuel de la question de l'**électrification des lignes de la banlieue ouest de Paris**. L'article qui est publié pages 363 à 390 reproduit la majeure partie de cette conférence.

Comme on le verra, M. Mazen reconnaît que les installations existantes ne permettent pas d'obtenir un service économique et donnant satisfaction aux voyageurs de la banlieue. Quant aux améliorations qu'on poursuit actuellement dans les installations de la gare Saint-Lazare, elles ne sauraient non plus, par suite de l'accroissement continu du trafic, fournir une solution satisfaisante en conservant la traction à vapeur. L'électrification des lignes de banlieue s'imposait donc et une étude très complète, poursuivie pendant plusieurs années, a permis de préciser les conditions dans lesquelles elle devait être effectuée.

On verra qu'en vue de réduire la durée des trajets entre Paris et les localités les plus éloignées de la banlieue, on a divisé les lignes de banlieue en trois zones : la première zone sera desservie par des trains s'arrêtant à toutes les stations, la seconde par des trains brûlant les stations de la première zone et devenant omnibus pour la seconde zone; enfin la troisième par des trains ne s'arrêtant qu'aux stations de cette zone. Chaque zone aura ainsi des communications rapides avec Paris; les communications entre deux zones seront moins commodes, car elles exigeront un changement de train, mais d'après les statistiques, cet inconvénient ne se fera sentir que pour environ 2 pour 100 du nombre total des voyageurs.

On verra aussi que l'une des caractéristiques de l'exploitation par l'électricité est la formation de trains comprenant un nombre de voitures différent suivant les heures de la journée. Cette innovation, presque impossible dans le cas de la traction par locomotives à vapeur à cause des sujétions qu'entraîne toute modification des convois, permettra d'augmenter le nombre des places disponibles aux heures d'affluence, tout en diminuant le nombre des kilomètres-voitures et, par suite, en diminuant les frais d'exploitation.

On trouvera également, dans l'article, des renseignements intéressants sur les transformations qu'on se propose de faire subir à la gare Saint-Lazare pour améliorer le service des grandes lignes aussi bien que celui des lignes de banlieue et de la ligne d'Auteuil. Les diverses figures qui illustrent l'article donnent nettement l'impression de ce que sera la gare Saint-Lazare ainsi transformée.

J. BLONDIN.



UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : 7, rue de Madrid, Paris (8e). — Téléph. { 549.49. 549.62.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité; Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité; Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Huitième Bulletin bimensuel de 1913.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité de l'Union des Syndicats de l'Électricité du 5 mars 1913.

Présents : MM. Guillain, président; Cordier, Eschwège, vice-présidents; Fontaine, secrétaire; Chaussenot, secrétaire adjoint; Beauvois-Devaux, trésorier; Brylinski, Cance, Cotté, Godinet, F. Meyer, Pinot, Sée, Zetter, Paré suppléant M. Boutan.

Absents excusés : MM. Legouez et Marquisan, vice-présidents; Veaudeau.

M. Guillain occupe le fauteuil de la présidence.

Il est rendu compte de la situation de caisse depuis la dernière séance.

Correspondance. — La composition du Bureau de l'Union pour l'année 1913 a été portée à la connaissance des associations, chambres de commerce, syndicats et groupements avec lesquels l'Union est en rapport.

L'Association des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers et la Chambre de Commerce française de Madrid nous ont fait connaître la composition de leur Bureau pour 1913. Le Comité de l'Union en prend acte.

M. Blondin, président de la Section de Physique au Congrès de Tunis de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, a accepté d'y représenter l'Union.

La circulaire du 14 février 1913 de la Commission technique des pas de vis de la Société technique de l'Industrie du gaz en France est portée à la connaissance du Comité de l'Union. MM. Godinet et Zetter y joignent quelques explications sur les conditions dans lesquelles cette Commission a travaillé et sur le résultat à attendre de ses travaux.

Les réponses des chambres de commerce sur la législation des poids et mesures et le contrôle des compteurs continuent à être en très grande majorité favorables aux idées émises par M. le Président au nom du Comité dans les lettres qui ont été rendues publiques.

Documents officiels. — Aux termes d'un arrêté en date du 11 février 1913, M. Perpignant a été chargé du troisième Bureau de la Direction des Mines et des distributions d'énergie électrique (*Journal officiel* du 12 février 1913). Un décret du 11 février 1913 (*Journal officiel* du 22 février 1913) a nommé les membres du Comité permanent d'Électricité pour les années 1913 et 1914. Un arrêté du 11 février 1913 (*Journal officiel* du 22 février 1913) a nommé les Président, Vice-Président Secrétaire et Secrétaires adjoints du Comité permanent d'Électricité pour l'année 1913. Par une circulaire en date du 6 décembre 1912, M. le Ministre des Travaux publics a porté à la connaissance des préfets le décret du 6 septembre 1912 modifiant celui du 17 octobre 1907 sur l'organisation du contrôle des distributions d'énergie électrique.

M. le Président expose au Comité les dispositions soumises au Sénat dans sa première délibération sur le projet de loi relatif au régime légal des usines hydrauliques sur les cours d'eau navigables ou flottables.

Obtention des communications téléphoniques en dehors des heures ou les bureaux sont ouverts a l'exploitation publique. — La Chambre syndicale des Forces hydrauliques a communiqué la copie d'une lettre de M. le Directeur de l'Exploitation téléphonique (Sous-Secrétariat d'État des Postes et Télégraphes), en date du 11 février 1913, qui établit notamment que les exploitants des distributions d'énergie auront droit à obtenir la priorité pour leurs communications téléphoniques en cas de perturbations affectant le caractère de sinistres.

Poteaux types pour canalisations aériennes. — La Commission intersyndicale, constituée par le Comité de l'Union dans sa dernière séance, a envoyé aux chambres syndicales adhérentes la circulaire prescrite par le Comité. Cette Commission recueille les documents nécessaires et rendra compte de ses travaux dans une séance ultérieure.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue d'Édimbourg, 9.

Téléphone : 507-59.

Huitième Bulletin bimensuel de 1913.



Cotisations.

Afin d'éviter des frais de recouvrement, MM. les membres adhérents du Syndicat sont priés de bien vouloir adresser leur cotisation de 1913 au Secrétariat qui leur en délivrera quittance signée du Trésorier.

Récompenses au personnel.

En vue du prochain banquet de l'Union, MM. les Membres adhérents qui auraient des candidats à présenter pour les différentes récompenses officielles, notamment *les médailles d'honneur du travail*, ainsi que pour *les médailles du Syndicat*, sont priés de se conformer strictement aux indications contenues dans la lettre circulaire qui leur a été adressée.

Nous attirons leur attention sur la nécessité absolue de nous faire parvenir les dossiers *complets et de suite*, toute demande en retard ne pouvant être suivie.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre syndicale du 11 mars 1913.

Présidence de M. R. Legouëz.

La séance est ouverte à 2 h 15 m.

Sont présents : MM. Zetter, ancien président; Legouëz, président ; Grosselin et M. Meyer, vice-présidents; Minvielle, trésorier ; G. Meyer, Sauvage, secrétaires; André, Bancelin, Berne, Boucherot, Brunswick, Casanova, Chateau, Davin, Eschwège, Getting, Guittard, Hillairet, de la Ville Le Roulx, Roche-Grandjean, Schwarberg et Tourtay, membres; Chaussenot, secrétaire général.

Excusés : MM. Bordelongue, Dinin, Ch. Mildé, Portevin.

Le procès-verbal de la séance du 11 février, publié dans le numéro du 7 mars de *La Revue électrique*, est adopté.

Remercîments. — La Chambre prend connaissance des lettres de remercîments de MM. Dugès-Delzescaulte, Liégeois, L. Mathieu, Mollard, de Poncharra, Viel, pour leur admission au Syndicat.

Admissions. — La Chambre prononce les admissions : de M. Bourgue (Henri), directeur des ateliers de la Société l'Éclairage électrique à Colombes, comme délégué de ladite Société à la deuxième Section, sur la présentation de MM. A. Witzig et V. Meng;

De M. Œuvrard (Maurice), chef du service électrique des Aciéries de Paris et Outreau, sur la présentation de MM. Legouëz et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Galula (Victor), ingénieur à Sfax, sur la présentation de MM. Legouëz et Chaussenot, pour être inscrit à la 7e Section.

Démissions. — M. le Président communique à la Chambre une lettre par laquelle M. Sailly donne sa démission et celle de la Société Sailly, Caillet et Cie. La Chambre, après avoir pris connaissance de cette lettre, charge son président de faire une démarche auprès de M. Sailly.

Renouvellement partiel de la Chambre. — M. le Président fait part à la Chambre du résultat des élections faites dans les sections professionnelles pour le renouvellement partiel des délégués à la Chambre. Ces élections seront communiquées pour approbation à l'Assemblée générale et les nouveaux délégués prendront leurs fonctions à partir de la prochaine séance de la Chambre.

Union des industries métallurgiques et minières. — La Chambre autorise le paiement de la subvention accordée pour 1913 à l'Union des Industries métallurgiques et minières.

La Chambre prend connaissance d'une lettre par laquelle l'Union des Industries métallurgiques et minières signale que le Ministre du Travail procède en ce moment à une enquête sur l'*adoption de la semaine anglaise dans l'industrie*. Elle demande que le Syndicat, tout en étudiant cette question, veuille bien attendre, avant de répondre au Ministre, que le Comité de l'Union se soit réuni en vue d'une entente sur la réponse à faire.

La Chambre prend connaissance du document n° 545 : Questions sociales et ouvrières, Revue du mois et Table de l'année.

Union des Syndicats de l'électricité. — La Chambre prend connaissance : Du procès-verbal de la séance du 5 février du Comité de l'Union, qui sera publié dans *La Revue électrique* (1);

D'une lettre par laquelle l'Union lui communique la composition de son Bureau pour l'année 1913;

Et d'une lettre par laquelle l'Union lui transmet une circulaire relative à l'enquête sur les poteaux types pour canalisations aériennes, ainsi qu'une note du Comité consultatif relative à l'application de la loi du 15 juin 1906 aux concessions antérieures à 1906 en ce qui concerne l'extension des canalisations et les communications des états statistiques. Cette note est déposée au Secrétariat où les membres adhérents peuvent la consulter.

Comité électrotechnique. — M. le Président signale qu'en raison de l'urgence il a communiqué l'avis de la première Section du Syndicat sur la question de *terminologie des machines* à M. le Président de la Société des Électriciens, afin de faciliter l'action des délégués français à la réunion de la Commission internationale de nomenclature qui s'est tenue ces jours derniers à Cologne.

Laboratoire central. — M. le Président indique que la souscription est toujours ouverte et insiste auprès de ses collègues pour qu'ils veuillent bien s'y intéresser en raison de l'importance que présente pour les industries électriques la réalisation du projet d'extension des services du Laboratoire.

Travaux des Sections. — La *première Section* s'est réunie le 25 février. Après échange de vues entre les membres présents au sujet de l'unification des conditions de réception des machines dynamo, elle a signalé les modifications qui lui paraissaient désirables en exprimant le désir que l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur s'entende, ainsi que nous, avec le Comité électrotechnique français qui étudie également la question, afin de réaliser des instructions qui soient uniformément adoptées en France.

La Section examine également le projet de *terminologie électrique* préparé par M. Brunswick, d'accord avec le Syndicat des Usines d'électricité et la Société internationale des Électriciens. Après discussion de ce travail, la

(1) Ce procès-verbal a été publié dans le numéro 222 du 21 mars 1913.



Section signale quelques modifications à y apporter et sous réserves de ces rectifications donne son adhésion à la terminologie proposée.

Elle examine une proposition de décret pour la *modification du régime douanier à Madagascar.* Cette proposition de dégrèvement pour les produits étrangers étant susceptible de léser gravement les intérêts français, la Section demande à la Chambre de protester contre cette proposition et de demander le maintien des droits de douane sur les produits étrangers.

Au sujet de la nomination des délégués complémentaires à la Chambre éventuellement faite en cours d'exercice par la Chambre, plusieurs membres demandent que ce soit la Section qui désigne ses délégués, ce qui nécessiterait la modification de l'article 12 des statuts.

La Section procède ensuite à la nomination de délégués pour le renouvellement partiel de la Chambre. M. le Président signale que le coefficient de la Section, pour la représentation à la Chambre, est moins élevé qu'en 1911 et qu'il y aurait intérêt, pour empêcher la Section de perdre des délégués, d'amener de nouveaux adhérents et de reviser les cotisations professionnelles.

La *septième Section* après avoir procédé au renouvellement des pouvoirs de ses délégués à la Chambre syndicale, arrivés à la fin de leur mandat, examine les questions soumises à son étude.

Elle émet le vœu que les délégués assistent le plus régulièrement possible aux séances de la Section et participent assidûment à ses travaux afin de remplir leur mandat à la Chambre de la façon la plus profitable aux intérêts de la section.

M. de Baillehache fait un rapport verbal sur une étude relative à la cartographie faite par M. Brunswick. Après échange d'observations entre les membres présents, il est décidé qu'une note sera rédigée par M. de Baillehache pour résumer la question.

Après avoir pris connaissance du projet de terminologie préparé par M. Brunswick, la Section charge M. Rosenwald de résumer les observations qui seront examinées par la Section à une prochaine séance.

Questions spéciales. — La Chambre prend connaissance des conclusions adoptées par la Commission de la Société technique de l'industrie du Gaz relativement à l'unification générale des pas de vis. Après avoir entendu les explications de M. Zetter, délégué du Syndicat à cette Commission, elle le remercie de son concours dévoué et, tout en regrettant que les décisions prises ne soient pas tout à fait conformes à celles qu'elle aurait désirées, elle estime qu'il y aurait intérêt à ce qu'une entente internationale puisse se faire sur les bases qui ont été arrêtées par la Commission.

M. le Président signale qu'il lui a été demandé par la Chambre de Commerce de Paris d'indiquer des industriels pouvant être désignés pour aider les membres du service de santé de l'armée lors de la réception de matériel radiographique. La Chambre approuve la désignation de quatre membres de la quatrième Section faite par le Président.

M. le Président communique le rapport complémentaire dressé par M. Buffet au sujet de l'*unification des prises de courant* qui nous a été adressé par le Syndicat des Usines d'électricité. La Chambre renvoie cette question à l'examen des deuxième et sixième Sections, déjà précédemment saisies de cette affaire.

Correspondance. — La Chambre prend connaissance d'une lettre de M. Niclausse, membre de la Chambre de Commerce de Paris, signalant un projet de décret qui apporterait de nouvelles exceptions au régime douanier de notre colonie de Madagascar. D'après ce projet, l'exemption totale de tous droits serait accordée pendant cinq années à divers articles, notamment aux machines dynamo-électriques, aux appareils électriques et électrotechniques, etc. Chargé d'établir un rapport pour la Chambre de Commerce, M. Niclausse demande l'avis du Syndicat dans le plus bref délai possible.

M. le Président indique qu'en raison de l'urgence, la première Section a été convoquée pour examiner la question et, comme l'indique le procès-verbal, elle a été d'avis de protester contre toute réduction des taxes actuelles. Cette décision a été de suite communiquée à M. Niclausse.

La Chambre approuve ce qui a été fait et est d'avis de continuer à protester de la façon la plus énergique contre ce projet de détaxe.

M. le Président communique les invitations qui lui ont été adressées par le *Syndicat des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de France*, pour assister au banquet du 13 mars, et par la *Chambre syndicale des Entrepreneurs et Constructeurs électriciens*, pour assister à son banquet du 8 mars.

Des remercîments ont été adressés ainsi que des avis d'acceptation de ces invitations.

M. le Président communique à la Chambre une circulaire du Comité d'organisation de la Section française à l'Exposition de Gand de 1913, demandant au Syndicat de participer à cette Exposition. La Chambre estime qu'il n'y a pas lieu de donner suite à cette demande.

M. le Président communique également une demande de participation à l'Exposition internationale urbaine qui aura lieu à Lyon en 1914. Il attire l'attention de la Chambre sur l'intérêt qu'il pourrait à y avoir à participer à cette Exposition en y présentant des documents montrant l'importance générale de l'industrie électrique française et son développement actuel dans les différentes branches d'application de l'énergie électrique. Ce programme nécessitera un travail assez important, mais avec le concours des membres du Syndicat et en raison du délai qui reste à courir avant l'ouverture de l'Exposition, il pourrait être mené à bien et rendre des services intéressants. La Chambre accepte, en principe, cette proposition sous réserves d'examiner les moyens d'exécution lorsque le programme d'études aura été établi.

La Société des anciens élèves d'Écoles nationales d'Arts et Métiers a communiqué la composition de son Bureau pour 1913. La Chambre en prend bonne note et adresse des remercîments pour cette communication.

Questions financières. — M. le Président rappelle les observations faites lors de l'examen du bilan et la nécessité d'examiner les dispositions à prendre pour augmenter les ressources du Syndicat et permettre l'extension de ses différents services. Comme ces dispositions nécessiteraient des modifications aux statuts, la Chambre

approuve l'adjonction faite à la deuxième résolution qui sera présentée à l'Assemblée générale en vue de la mise à l'étude de cette question.

Sur la proposition du Président et du Trésorier, la Chambre approuve les subventions à accorder pour 1913 aux différents groupements auxquels notre Syndicat est affilié; Union des Syndicats de l'Électricité; Comité central; Union des Industries métallurgiques et minières; Syndicat général, ainsi qu'à l'Office national du Commerce extérieur et à l'Association pour la protection industrielle.

QUESTIONS LÉGISLATIVES. — La Chambre prend connaissance des documents suivants qu'elle renvoie à l'examen de la Commission de législation : Circulaire du Ministre du travail au sujet d'une enquête sur l'adoption de la semaine anglaise dans l'industrie;

N° 2515, proposition de loi tendant à modifier divers articles sur la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail. — N° 2562, projet de loi modifiant les articles du Livre II du Code du Travail. — N° 2500, proposition de loi concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes. — N° 2504, proposition de loi tendant à compléter l'article 22 concernant les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail. — N° 2491, proposition de loi tendant à la modification des retraites ouvrières et paysannes; N° 40, proposition de loi portant des modifications des articles 14 et 24 de la loi relative aux Conseils de prud'hommes.

La séance est levée à 3 h 25 m.

Le Secrétaire général, H. CHAUSSENOT. — *Le Président,* R. LEGOUEZ.

Bibliographie.

MM. les Membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général:

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les Annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° *Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans les immeubles et leurs dépendances;*

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;

7° Le Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 200 volts;

8° La brochure sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

9° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat professionnel des industries électriques (édition de 1907);

10° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Annuaire* de 1912, p. 104);

11° L'affiche « Conseils pour éviter la tuberculose »;

12° Affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

13° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et les principaux décrets, arrêtés, circulaires relatifs à l'application de cette loi (par brochures séparées);

14° *Arrêté technique du 21 mars 1911*, en application de la loi du 15 juin 1906;

15° Imprimés préparés pour *demandes de concession* de distribution d'énergie électrique (conformes aux Cahiers des charges types);

16° États de renseignements à fournir à l'appui d'une demande (annexe n° 3 à la circulaire ministérielle du 25 octobre 1908);

17° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris;

18° Renseignements relatifs à l'application de la loi du 5 avril 1910 sur les retraites ouvrières et paysannes;

19° Renseignements relatifs au fonctionnement de la Caisse syndicale de retraites des forges, de la construction mécanique, des industries électriques et de celles qui s'y rattachent.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

HUITIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1913.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre syndicale du 28 février 1913.

Présents : MM. Brylinski, président d'honneur; Eschwège, président; Brachet, vice-président; Cahen, Legouëz, Sée, Tainturier, Widmer.

Absents excusés : MM. Bizet, vice-président; Cordier, Mondon, Tricoche.

Il est rendu compte de la situation de caisse.

NÉCROLOGIE. — M. le Président a le regret de faire part du décès de Mme veuve Gerin, belle-mère de M. Lombard-Gerin, membre de la Chambre syndicale. Les condoléances de la Chambre syndicale ont été exprimées à notre collègue.

CORRESPONDANCE ET TRAVAUX INTÉRIEURS. — La correspondance a porté principalement sur les questions de canalisations, de monopole, de relations avec les abonnés, d'application du décret du 11 juillet 1907, de déplacement de poste de transformateur, d'application de l'électricité à l'agriculture, etc.

Des adhésions ont été sollicitées et obtenues.

Le service de placement a indiqué 15 offres, 8 demandes et 7 placements.

ADMISSIONS. — M. le Président donne la parole à M. le Secrétaire général pour faire part des propositions d'admission.

Les membres présentés dans la précédente séance ont été admis après l'accomplissement des formalités statutaires.

MODIFICATIONS AUX STATUTS. — La Chambre syndicale décide le renvoi à la Commission de statistique de la question de la base d'évaluation des subventions d'usines. Il est, en effet, désirable de présenter à l'Assemblée générale un mode de calcul des subventions plus approprié aux conditions actuelles des usines que celui encore en usage. La modification porterait principalement sur les articles 11 et 27 des statuts.

EXPOSITION AU CONCOURS AGRICOLE. — M. le Président



résume à la Chambre syndicale les conditions dans lesquelles l'Exposition des applications agricoles de l'électricité s'est trouvée réalisée au Concours agricole de Paris. Il se fait l'interprète de la Chambre syndicale pour remercier la Compagnie de Locations électriques chargée de l'installation de l'Exposition à l'Esplanade des Invalides.

M. le Président dépose sur le bureau de la Chambre syndicale les Notices imprimées qui ont été distribuées à l'occasion de l'exposition du Syndicat au Concours agricole; elles seront adressées à toutes les usines adhérentes.

Commission technique. — M. Georges Dreyfus a été nommé membre de la Sous-Commission des applications agricoles de l'électricité. Cette Sous-Commission continuera à fonctionner d'une manière permanente.

Documents officiels. — Les documents suivants sont communiqués à la Chambre syndicale :

Arrêté en date du 11 février 1913 nommant M. Perpignant chef du troisième Bureau de la Direction des Mines et des distributions d'énergie électrique (*Journal officiel* du 12 février 1913). — Décret du 11 février 1913 nommant les membres du Comité permanent d'électricité pour les années 1913 et 1914 (*Journal officiel* du 22 février 1913). — Arrêtés du 11 février 1913 nommant le Président, les Vice-Président, Secrétaire et Secrétaires adjoints du Comité permanent d'Électricité pour l'année 1913 (*Journal officiel* du 22 février 1913). — Circulaire de M. le Ministre des Travaux publics du 6 décembre 1912 portant à la connaissance des préfets le décret du 6 septembre 1912 modifiant celui du 17 octobre 1907 sur l'organisation du contrôle des distributions d'énergie électrique.

M. le Secrétaire général indique également que les documents suivants ont été publiés au *Journal officiel* depuis la dernière séance :

Rapport supplémentaire de M. Paul Strauss sur le projet de loi modifiant les articles 2, 4 et 6 de la loi du 12 juin 1893-11 juillet 1903 sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs. — Avis présenté au nom de la Commission des finances sur le projet de loi tendant à modifier le troisième paragraphe de l'article 9 de la loi du 5 avril 1910 relative aux retraites ouvrières et paysannes. — Rapport supplémentaire fait au nom de la Commission chargée d'examiner la proposition de loi de M. Émile Chautemps tendant à la revision de la législation des établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

M. le Président indique le dépôt sur le bureau du Sénat par M. Cazeneuve, sénateur du Rhône, d'un rapport supplémentaire arrêtant le texte définitif, établi d'accord avec le Gouvernement, du projet de loi relatif au régime légal des usines hydrauliques sur les cours d'eau et canaux du domaine public.

Relations avec les Associations. — La Société des anciens élèves des Écoles nationales des Arts et Métiers a fait connaître la composition de son Bureau pour l'exercice 1913.

Relations avec les associations étrangères. — M. le Président indique que, conformément au vœu émis à la dernière séance de la Commission technique, il y a lieu, pour la Chambre syndicale, de chercher à créer des relations avec les associations anglaises similaires. M. le Président s'occupera personnellement de cette question.

Enquête sur l'adoption de la semaine anglaise dans l'industrie. — Une enquête est ouverte au Ministère du Travail sur l'adoption de la semaine anglaise dans l'industrie. Cette mesure ne peut concerner nos usines qui doivent avoir une marche continue. Une réponse sera faite dans ce sens comme contribution à l'enquête instituée à ce sujet par l'Union des Industries métallurgiques et minières.

Dessins et modèles. — M. le Président communique une circulaire de l'Office national de la Propriété industrielle relative aux dessins et modèles. Il fait observer que cette question intéresse plus particulièrement le Syndicat professionnel des Industries électriques.

Conférence de M. Cahen sur la houille blanche. — M. le Président rappelle qu'une conférence doit être faite sur cette question par M. Cahen. Il invite les membres de la Chambre syndicale à s'y rendre le plus nombreux possible.

Unification des pas de vis. — M. le Président donne connaissance à la Chambre syndicale de la circulaire de la Commission technique des pas de vis de la Société technique de l'industrie du gaz en France, en date du 14 février 1913. M. Fontaine représentera le Syndicat à la séance du 9 avril de cette Commission.

Danger des atterrissages des ballons sphériques dans le voisinage des canalisations. — M. le Président donne lecture de la lettre de M. Lemasle, membre du Syndicat, communiquant une lettre de l'Aéro-Club qui indique les desiderata de la Commission des ballons sphériques au sujet du danger des atterrissages dans le voisinage des lignes haute tension.

Congrès de Tunis. — M. le Président donne lecture de la lettre de l'Association française pour l'Avancement des Sciences demandant au Syndicat de se faire représenter au Congrès de cette Association qui se tiendra à Tunis du 22 au 28 mars. La Chambre syndicale désigne M. Mouchard, membre actif du Syndicat habitant Tunis, pour la représenter à ce Congrès.

Union des industries métallurgiques et minières. — M. le Secrétaire général dépose sur le Bureau de la Chambre syndicale les documents suivants, émanant de cette Union :

N° 541. — Deuxième rapport fait par M. Chautemps au nom de la Commission chargée d'examiner la proposition de loi sur les établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

N° 542. — Lois du 12 avril 1906, du 10 avril 1908 et du 23 décembre 1912 sur les habitations à bon marché.

N° 543. — Loi du 31 décembre 1912 modifiant certaines dispositions du Livre II du Code du travail et de la prévoyance sociale relatives à l'hygiène et à la sécurité des travailleurs.

N° 544. — Jurisprudence.

N° 546. — Projet de loi relatif à l'établissement du régime douanier colonial.

Bibliographie. — M. le Président dépose sur le bureau de la Chambre syndicale une notice de M. de Baillehache sur *La fixation des unités par voie législative*, et le numéro de février 1913 de *La Fédération des Industriels et des Commerçants français*, contenant des études sur les retraites



ouvrières, le travail des employés, les chèques postaux, etc.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE. — M. le Président attire l'attention des membres de la Chambre syndicale sur l'éventualité de choisir un Président pour la période 1914-1917

Liste des nouveaux adhérents depuis le 1er avril 1913.

Membres correspondants.

MM.

MESPIÈDRE (Ernest), chef de quart à l'usine électrique de Brillanne, Villeneuve (Basses-Alpes), présenté par MM. Dupont et Fontaine.

RUBINSTEIN (Rubin), 14, rue Saint-Jean, Paris, présenté par MM. H. Kohn et Fontaine.

Bibliographie.

1° Collection complète des Bulletins de 1896 à 1907;

2° Loi du 9 avril 1898, modifiée par les lois des 22 mars 1902 et 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail;

3° Décrets portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 9 avril 1898;

4° Circulaire ministérielle du 24 mai 1911, relative aux secours à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs d'énergie électrique (affiche destinée à être apposée exclusivement à l'intérieur des usines et dans leurs dépendances);

5° Circulaire analogue à la précédente (affiche destinée à être apposée à l'extérieur des usines, à la porte des mairies, à l'intérieur des écoles et dans le voisinage des lignes à haute tension);

6° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray;

7° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs;

8° Rapport de la Commission des compteurs, présenté au nom de cette Commission par M. Rocher au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903;

9° Rapport de la Commission des compteurs relatif aux réponses des constructeurs de compteurs aux *desiderata* qui leur ont été soumis par la Commission;

10° Modèle type de bulletin de commande de compteurs;

11° Décret sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques;

12° Loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie, et les principaux décrets, arrêté et circulaires pour l'application de cette loi;

13° Modèle de police d'abonnement.

14° Calculs à fournir dans l'état de renseignements joint à une demande de traversée de voie ferrée par une canalisation électrique aérienne;

15° Guide juridique et administratif des entrepreneurs de distributions d'énergie électrique pour l'application de la loi du 15 juin 1906 et de ses annexes, par Ch. Sirey;

16° Instructions générales pour la fourniture et la réception des machines;

17° Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 2000 volts;

18° Communication de M. Zetter sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

19° Cahier des charges type pour le cas de concession par communes;

20° Instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques de la première catégorie dans les immeubles et leurs dépendances;

21° Instructions sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques (Arrêté de M. le Ministre du Travail du 19 août 1912).

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations, comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Législation et réglementation. — Arrêté préfectoral modifiant l'article 82 de l'arrêté réglementaire du 8 juin 1909 sur les installations intérieures d'électricité, p. 397.

Jurisprudence et contentieux. — Procès-verbal du Comité consultatif du 10 mars 1913, p. 397.

Chronique financière et commerciale. — Nouvelles Sociétés, p. XXIX. — Demandes d'emplois, p. XLI. — Premières nouvelles sur les installations projetées, p. XLV.



GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

REDRESSEURS DE COURANT.

A propos des redresseurs à vapeur de mercure.

Les expériences de Jamin et Maneuvrier, dont il est question dans la note de M. D. Berthelot, sont bien connues. Elles sont signalées dans toutes les monographies sur l'arc électrique, par exemple dans STARK, *Electricität in Gasen*. Dans le travail de M. Blondel cité dans mon article du 7 février, mention est faite de ces intéressantes expériences, les premières en date sur ce sujet. Mais, tout en rendant pleine justice aux travaux de M. Jamin et Maneuvrier qui, à l'époque où ils ont été faits (1882), ne pouvaient guère comporter d'explication théorique, il est permis de trouver beaucoup plus importantes les recherches de M. Blondel qui, en même temps que des faits un peu plus précis, ont donné une explication simple du phénomène. Comme j'avais surtout en vue cette explication dans mon article, je me suis borné à citer les expériences de M. Blondel. D'ailleurs, nous allons voir que les expériences de Jamin et Maneuvrier ne constituent pas du tout la découverte de l'unipolarité de l'arc au mercure.

Ces expériences peuvent se résumer essentiellement comme suit :

Un arc est amorcé en courant alternatif entre deux charbons; une boussole des tangentes (ampèremètre à courant continu) est placée dans le circuit. Si les charbons sont identiques, la boussole reste au zéro, il n'en est plus de même si les charbons sont de grosseur différente, ou si l'arc est amorcé entre un charbon et un métal. La boussole dévie; il est facile de se rendre compte que la déviation est de même sens que celle qui serait produite par un courant continu allant dans l'arc de la partie la plus froide (métal ou gros charbon) à la partie la plus chaude (petit charbon), l'expérience réussit avec tous les métaux; d'après Jamin et Maneuvrier, c'est le mercure qui donne le plus grand courant. L'expérience ne prouve pas qu'il y ait suppression d'une alternance, mais simplement « qu'il y a prédominance du courant qui va *du mercure au charbon* sur le courant qui va dans le sens opposé... ».

Il est facile de reproduire l'expérience avec le mercure dans les conditions suivantes : sur un circuit alternatif à 220 volts, on dispose en série une résistance de 12 ohms environ et un arc dont les électrodes sont, l'une un charbon homogène de 8 mm, l'autre un bain de mercure; un ampèremètre à fil chaud et un ampèremètre à cadre mobile sont placés dans le circuit. Pour un faible écart des électrodes (1 mm environ), l'arc est relativement silencieux, plutôt sifflant, l'intensité efficace est grande (12 ampères environ); l'ampèremètre à courant continu indique un courant variable (1 à 3 ampères). Ce régime a l'air peu stable. Si l'on augmente la longueur de l'arc, brusquement l'aspect change, l'arc devient très bruyant, l'intensité continue monte brusquement; elle est, par exemple, 5,6 ampères quand l'intensité efficace est 9 ampères. Ces deux régimes très différents ont été mis en évidence par M. Blondel, sur les arcs cuivre-charbon et aluminium-charbon; ils avaient échappé à Jamin et Maneuvrier. Le premier régime correspond à une décharge bilatérale, mais dissymétrique; le deuxième à une décharge unilatérale, c'est-à-dire *à la suppression d'une alternance sur deux*, le courant passe uniquement dans le sens mercure-charbon. L'oscillographe, qui a permis à M. Blondel de trouver une explication complète de ces phénomènes, n'est pas nécessaire pour en avoir une idée approchée. On peut supposer en effet que la courbe du courant, toujours plus ou moins dissymétrique, est formée de deux moitiés de sinusoïdes d'amplitudes différentes a et b, le rapport $\frac{b}{a}$ variant de 1 à 0, quand on passe du courant sinusoïdal au courant formé par la suite des alternances d'un même sens. Dans ces conditions, un calcul très simple montre que le rapport des indications des deux ampèremètres $\frac{i_{cont.}}{i_{eff.}}$ décroît de $\frac{2}{\pi}$ à zéro. Le rapport $\frac{2}{\pi}$ est égal à 0,64, ce qui est à peu de chose près le rapport $\frac{5,6}{9}$ observé dans le second régime. Les intensités continues plus faibles, observées dans le premier régime correspondent à une courbe de courant dissymétrique, la dissymétrie variant à chaque instant, ce qui est absolument en conformité avec les résultats de M. Blondel, qui trouve que « les courbes de courant sont extrêmement variables et ne peuvent être saisies pour ainsi dire qu'au vol ».

Les résultats obtenus avec le mercure sont donc exactement semblables à ceux obtenus par M. Blondel avec les autres métaux (cuivre, fer, etc.); le courant passe dans tous les cas *du métal au charbon*, de l'électrode froide à l'électrode chaude. Or, dans l'arc au mercure et la soupape de Cooper-Hewitt, le courant passe de l'électrode positive (charbon, fer, etc.) au mercure qui joue dans la soupape le rôle de cathode, c'est-à-dire celui que joue le charbon dans les expériences de Jamin et Maneuvrier. Ces expérimentateurs ont donc découvert, non l'unipolarité de l'arc au mercure, mais au plus *l'unipolarité dans certaines conditions de l'arc au charbon;* dans leurs expériences, le mercure joue le rôle d'un métal quelconque. La découverte de Cooper-Hewitt reste donc entière.

C'est d'ailleurs pourquoi, malgré les antériorités connues, les brevets Cooper-Hewitt ont été accordés dans tous les pays où ils ont été demandés, en particulier en Allemagne.

Le préambule du brevet allemand n° 157 642 du 19 décembre 1902 (brevet fondamental de Cooper-Hewitt sur les convertisseurs) indique que des soupapes basées sur les propriétés de l'arc que nous venons de rappeler ont été essayées. « En particulier, on a cherché à employer l'arc entre électrodes dissemblables, une des électrodes étant formée par un bain de mercure; de même on a essayé d'enfermer l'arc en vase clos. De tels dispositifs

ne pouvaient conduire au but, à cause de la destruction des électrodes de l'arc, ce qui exigeait un mécanisme pour leur remplacement; mécanisme auquel il ne faut pas songer en vase clos. »

J'ai déjà dit, en effet, que l'un des plus gros avantages de l'emploi du mercure en vase clos était la régénération permanente de la cathode par condensation. Tel n'est pas le cas de la cathode en charbon dont la destruction est sans retour. E. DARMOIS.

ACCUMULATEURS.

Les réducteurs d'accumulateurs avec éléments de réduction auxiliaires (1).

Le réglage de la tension aux bornes des batteries d'accumulateurs destinées, dans les stations centrales, à l'alimentation de l'éclairage à certains moments de la charge peut s'effectuer, soit au moyen de réducteurs et d'éléments de réduction, soit au moyen de survolteurs. Dans ce dernier cas, la dynamo auxiliaire est employée comme survoltrice pendant la charge, comme dévoltrice pendant la décharge. Le réglage de la tension aux bornes des batteries par réducteurs et éléments de réduction, présente les deux inconvénients suivants :

1° On est obligé d'avoir un plus grand nombre d'éléments pour effectuer le réglage, ce qui occasionne des frais de premier établissement et d'entretien plus élevés;

2° Dans les grosses installations, le prix des conducteurs de liaison entre les réducteurs et les éléments de réduction constitue une grosse dépense et cette dernière est d'autant plus élevée que la capacité de la batterie est plus grande, non seulement parce que les sections augmentent, mais parce que les longueurs augmentent également, la largeur des éléments étant plus développée.

Il est évident que, dans tous les cas où il n'est pas possible d'obtenir une variation de tension aux bornes de la dynamo principale suffisante pour permettre économiquement la charge totale de la batterie en série, la nécessité de l'installation d'un survolteur s'impose.

Pourtant, le réglage par éléments de réduction présente, dans certains cas, des avantages économiques indiscutables que nous allons exposer.

Les batteries d'accumulateurs présentent l'avantage pour une station centrale, de constituer une réserve importante d'énergie momentanée. Elle peuvent en général fournir, pendant un certain temps, une intensité égale à trois fois l'intensité de décharge au régime normal de 3 heures. Elles seront donc d'une très grande utilité lors d'accidents aux machines principales ou lorsqu'on voudra, par exemple, faire couvrir la pointe de pleine charge pendant 1 heure en déchargeant la batterie en parallèle avec les machines en service.

Or, il faut remarquer que, dans ces deux cas, l'installation est munie d'un survolteur-dévolteur; il faudra, pour répondre aux besoins instantanés, prévoir très largement la capacité de la génératrice du groupe survolteur; naturellement, celle du moteur du groupe devra suivre dans les mêmes proportions, de sorte que le coût total de l'installation se trouvera de ce fait considérablement augmenté.

Par contre, l'augmentation de prix des réducteurs, en tenant compte des intensités maxima instantanées qu'on peut admettre avec une batterie donnée, est très peu importante.

Le réglage avec réducteur s'effectue sans étincelles aux contacts aussi bien pour les faibles que pour les grosses intensités; de plus l'échauffement des plots reste toujours dans des limites admissibles parce que les canalisations de jonction offrent une grande surface pour la déperdition de la chaleur provenant des plots et qu'ensuite, pour de gros débits, il n'est pas possible de rester longtemps sur les mêmes contacts, parce qu'il faut rapidement ajouter de nouveaux éléments de réduction, la tension de la batterie décroissant vite.

Avec les réducteurs que l'on construit actuellement, il est possible de faire débiter à une batterie établie pour un régime normal de 2000 ampères pendant 3 heures, 4000 ampères pendant 1 heure et 6000 ampères pendant 15 minutes sans élévation dangereuse de température aux contacts.

Il ne faut pas perdre de vue d'autre part que, si l'on emploie un survolteur établi en tenant compte des décharges rapides de la batterie, le rendement annuel de l'ensemble est beaucoup moins bon qu'avec les réducteurs. Cela tient à ce que, si l'on est obligé de calculer le survolteur-dévolteur en tenant compte des décharges rapides, l'utilisation annuelle est très mauvaise; on peut admettre qu'en général le courant maximum de charge n'est que la moitié du courant de décharge pendant 1 heure.

Le rendement s'abaisse encore en été, lorsqu'on charge généralement la batterie sous de faibles intensités pendant le jour.

Si l'on ajoute à cela que la sécurité de fonctionnement est plus grande avec les réducteurs qu'avec les survolteurs; que les frais de surveillance sont moins élevés, on comprendra pourquoi le réglage par réducteurs prend de plus en plus d'extension.

On est arrivé du reste à réaliser de sérieuses économies dans la construction des réducteurs d'accumulateurs, en utilisant des éléments de réduction auxiliaires, ce qui permet de diminuer de moitié le nombre des canalisations de liaison et celui des plots du réducteur.

Le principe de cette méthode est le suivant :

Chaque groupe d'éléments de réduction est constitué par un nombre d'éléments double de celui qu'on emploierait avec un réducteur ordinaire. Pour obtenir une précision aussi grande dans le réglage de la tension, on utilise un groupe d'éléments dits *auxiliaires*, le nombre des éléments de ce groupe étant la moitié de celui d'un groupe normal. On ajoute ou l'on retranche périodiquement ce groupe suivant les besoins.

Supposons, par exemple, qu'on veuille augmenter la tension aux bornes d'une batterie en partant d'un plot principal du réducteur. On intercalera tout d'abord le groupe auxiliaire; à la prochaine augmentation de voltage nécessaire, on passera au plot suivant du réducteur, mais en même temps on supprimera du circuit le groupe auxiliaire.

(1) C. KJÄR, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXX, 10 octobre 1912, p. 1047-1051.



Dans une installation à 220 volts, on veut par exemple obtenir une variation de tension de 4 volts entre deux plots consécutifs du réducteur. Si l'on utilise 52 éléments de réduction, il faudra avec un réducteur ordinaire, 27 plots et 27 canalisations de liaison; avec un réducteur à groupe auxiliaire, il ne faudra que 14 plots et que 14 canalisations de liaison, sans compter naturellement les deux canalisations qui correspondent au groupe auxiliaire.

Nous allons examiner, dans ce qui suit, les divers schémas qui peuvent se présenter avec les éléments de réduction auxiliaires.

Tous ces schémas ont été établis en supposant des installations à 220 volts. Les lettres ont les significations suivantes :

E_1, E_2, E_3.........	désignent les groupes de réduction de la batterie.
N_1, N_2, N_3........	désignent les plots du réducteur.
S_1 et S_2, S_3 et S_4..	» les secteurs de contact des réducteurs.
K_1 et K_2, K_3 et K_4.	désignent les balais de contact des réducteurs.
F................	désigne le pare-étincelle.
E................	» les éléments auxiliaires.
H................	» le réducteur des éléments auxiliaires.
U................	désigne l'inverseur des éléments auxiliaires.

Le système Erlacher et Basso est représenté par les figures 1, 2 et 3. Les éléments auxiliaires sont constitués par les éléments extrêmes de la batterie principale. Le réducteur auxiliaire H est relié rigidement aux frotteurs K_3 et K_4 correspondant à la décharge, et l'utilisation des éléments auxiliaires avec les réducteurs doubles ne peut se produire que sur le circuit de décharge. Pendant la charge, il n'y a pas d'inconvénient à utiliser les groupements de réduction par l'intermédiaire du réducteur ordinaire.

Veut-on augmenter la tension aux bornes de la batterie pendant la décharge, on opère de la façon suivante :

On déplace le réducteur H vers la gauche, les frotteurs de décharge restant immobiles (*fig.* 2); les éléments auxiliaires sont alors en circuit. Pour augmenter de nouveau la tension, on déplace les frotteurs K_3 et K_4 du plot N_4 vers le plot N_3, et en même temps les éléments auxiliaires sont mis hors circuit (*fig.* 3).

Ce système présente les deux inconvénients principaux suivants :

Par suite de la liaison rigide des frotteurs de contact et du réducteur des éléments auxiliaires, les deux pôles de la batterie sont tous deux connectés au réducteur, l'isolement de ce dernier s'interposant seul; ce qui nécessite de prévoir un isolement très sûr pour le réducteur et exige de grandes précautions lors des nettoyages et des réparations.

L'autre inconvénient réside dans le fait de nécessiter pour faire la manœuvre l'emploi de deux réducteurs, avec lesquels il n'est jamais possible d'obtenir une manœuvre rigoureusement simultanée, ce qui occasionne des à-coups dans la lumière et ne permet pas un réglage absolument précis.

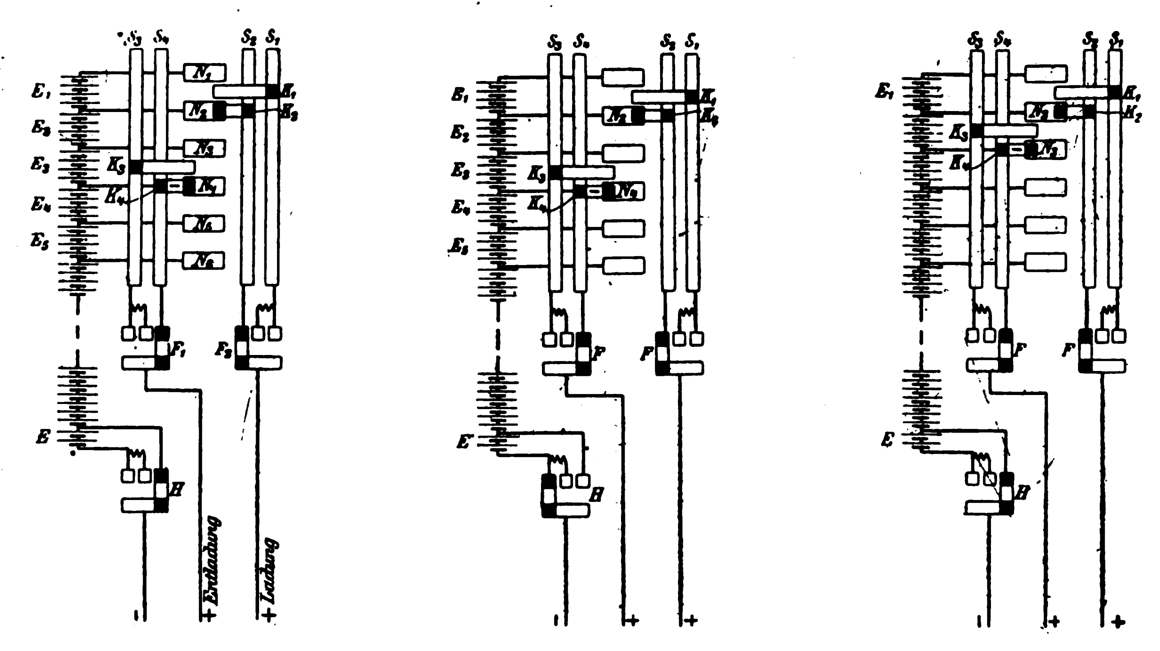


Fig. 1, 2 et 3. — Réducteur d'accumulateurs système Erlacher et Basso. *Ladung :* charge; *Entladung :* décharge.

Par contre, ce schéma offre l'avantage de permettre la charge des éléments auxiliaires en série avec la batterie principale et sans exiger de dispositions particulières.

Les figures 4, 5 et 6 représentent le schéma d'un réducteur à groupe auxiliaire exécuté par la maison Siemens-

Schuckert (brevet allemand 166603). Ces schémas correspondent au cas d'un réducteur simple.

Le groupe auxiliaire est séparé de la batterie principale et peut être relié au réseau par l'intermédiaire du frotteur K_2. Le pare-étincelle qui se trouve rigidement lié aux frotteurs produit au moment voulu la manœuvre désirable des éléments auxiliaires, il y a synchronisme parfait entre les deux manœuvres qui sont effectuées par un seul réducteur; de plus les deux pôles de la batterie ne viennent pas se raccorder au réducteur. C'est un système commode et pratique dans le cas des réducteurs simples.

Lorsqu'on veut utiliser ce schéma dans le cas des réducteurs doubles, il se présente immédiatement une difficulté;

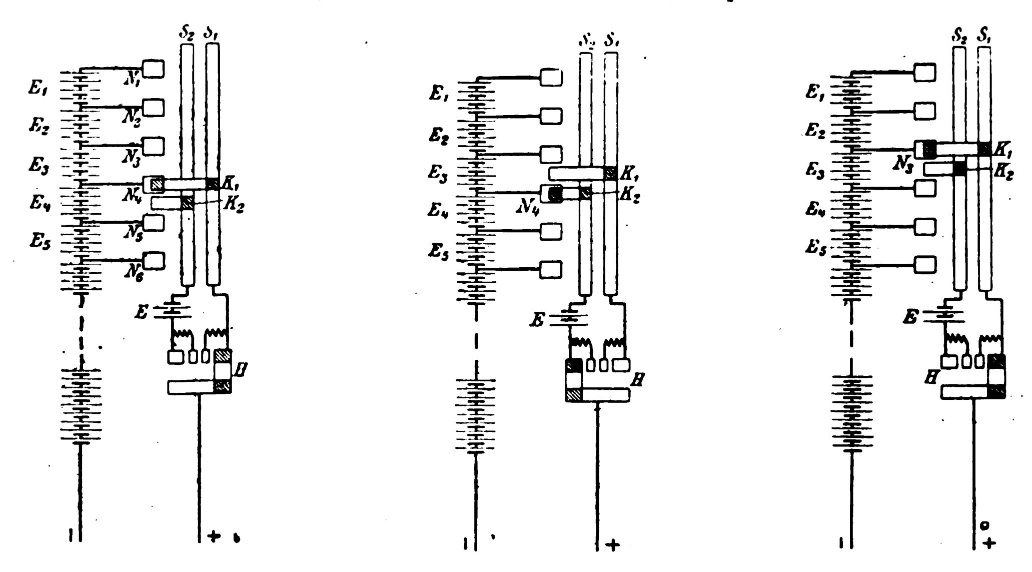


Fig. 4, 5 et 6. — Réducteur d'accumulateurs système Siemens-Schuckert.

il n'est pas possible, sans dispositif spécial, de recharger les éléments auxiliaires. On remédie à cet inconvénient en utilisant un commutateur spécial placé dans le circuit de charge du réducteur, ce qui permet d'effectuer la charge des éléments auxiliaires.

Pour obtenir un réglage très précis également pendant la charge, on utilise en général dans ce cas deux groupes d'éléments auxiliaires. Grâce au commutateur, les deux groupes sont alternativement introduits dans les circuits de charge et de décharge à des instants donnés.

Les figures 7 et 8 représentent une telle disposition. Le commutateur U est un commutateur tripolaire qui possède quatre frotteurs rigidement réunis ensemble et isolés électriquement les uns des autres. Ces frotteurs permettent de connecter deux à deux les plots du commutateur disposés sur un cercle. Ce commutateur est généralement fixé sur le bâti du réducteur, de sorte que les canalisations de liaison sont très courtes; seules les canalisations allant aux éléments dans la salle des accumulateurs présentent une certaine importance. Le fonctionnement du réducteur double est du reste le même que celui du réducteur simple.

Cette solution a été appliquée avantageusement dans plusieurs grosses installations; toutefois l'emploi de deux groupes auxiliaires et la manœuvre d'inversion de ces deux groupes constituent une ennuyeuse complication et une augmentation assez considérable des frais de premier établissement.

L'inversion doit se faire à des moments bien déterminés et pour des positions données des frotteurs; la charge des éléments auxiliaires ne peut naturellement se produire que pendant le temps de charge de la batterie.

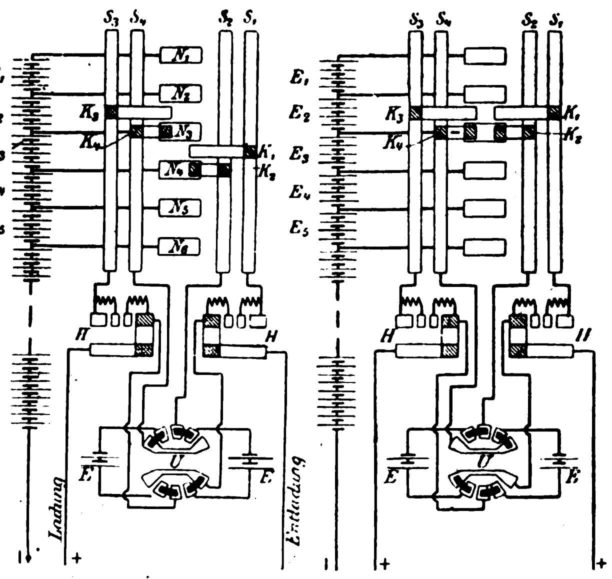


Fig. 7 et 8. — Variante du dispositif Siemens-Schuckert pour la charge.

L'inversion peut amener de fausses manœuvres; c'est

ainsi que, si on la provoque dans le cas par exemple de la figure 7, on met en court circuit les éléments compris entre les frotteurs K_1 et K_2, K_3 et K_4; l'inversion est par contre possible dans le cas de la figure 8.

D'une manière générale, l'inversion n'est possible, lorsque les deux groupes auxiliaires sont en service, que si les frotteurs K_1 et K_2, K_3 et K_4 sont placés sur les mêmes plots du réducteur.

Ces inconvénients offrent d'autant plus d'importance qu'en général, dans les grosses installations, on emploie presque toujours des réducteurs doubles.

Il est possible d'utiliser un schéma avec les réducteurs doubles permettant d'éliminer ces inconvénients.

Au lieu d'utiliser les éléments auxiliaires comme éléments d'adjonction, on les emploie comme éléments d'opposition.

Au lieu de les connecter au frotteur K_2 comme précédemment, on les connecte au frotteur K_1. On obtient de cette manière une précision de réglage aussi grande tout en évitant les inconvénients signalés ci-dessus.

Les figures 9, 10, 11 représentent la disposition adoptée avec ce schéma. Dans la figure 9, les éléments auxiliaires ne sont pas en service; si l'on veut élever la tension aux bornes de la batterie en partant de cette position, on fait avancer les frotteurs K_1 et K_2 d'un demi-intervalle entre deux plots consécutifs, de façon que le frotteur K_1 se trouve amené sur le contact N_4; en même temps, le réducteur auxiliaire H qui est rigidement relié au réducteur principal est déplacé vers la droite (*fig.* 10). Dans ces conditions, le groupe d'éléments de réduction E_4, composé de quatre éléments, se trouve mis en circuit, mais comme les deux éléments en opposition agissent en même temps, l'augmentation résultante de tension ne correspond qu'à celle de deux éléments.

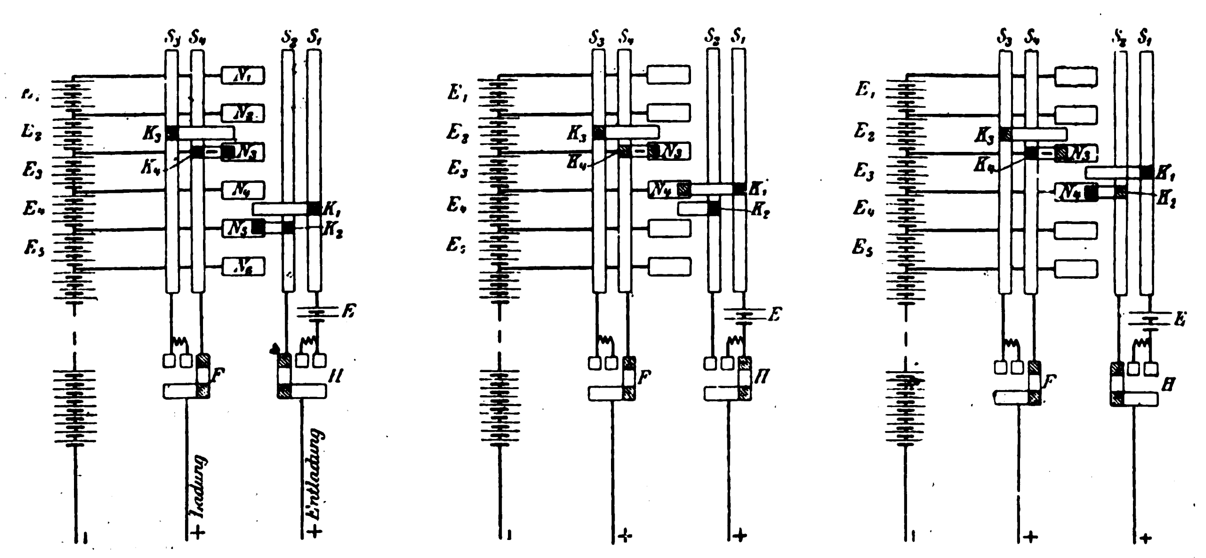


Fig. 9, 10 et 11. — Réducteur système Kjär, avec éléments en opposition.

Pour produire une nouvelle élévation de tension, on continue à faire avancer les frotteurs K_1 et K_2 d'un demi-intervalle entre deux plots en même temps qu'on supprime les éléments auxiliaires; c'est comme si l'on n'avait encore ajouté que deux éléments (*fig.* 11).

Remarquons qu'avec cette façon d'opérer, les éléments auxiliaires ne se déchargent jamais et n'ont pas besoin d'avoir de capacité; on peut constituer les électrodes de ces éléments par de simples plaques de plomb.

Avec ce schéma, dès que, comme dans la figure 10, les éléments auxiliaires sont en circuit, il se produit une chute de tension, de sorte que cette solution ne peut être adoptée avec avantage qu'en admettant que les positions identiques à celle de la figure 12 ne sont que des positions intermédiaires pour un séjour peu prolongé; les positions principales correspondant aux figures 9 et 11.

Dans beaucoup d'installations, un tel fonctionnement ne serait pas suffisant et l'on peut alors adopter la solution suivante :

On introduit le groupe auxiliaire comme groupe d'opposition dans le circuit du frotteur K_1 et comme élément d'adjonction dans le circuit du frotteur K_2.

Les figures 12 et 13 représentent le schéma de cette disposition. Le changement de connexions du groupe auxiliaire E s'effectue au moyen d'un inverseur spécial U.

Dans la figure 12, le groupe auxiliaire est introduit dans le circuit du frotteur K_2 comme élément d'adjonction; dans la figure 13, il est placé dans le circuit du frotteur K_1 comme élément en opposition; le groupe auxiliaire peut dans ce cas se charger et en même temps servir à la mise en circuit des éléments de réduction d'après le processus indiqué ci-dessus. Les avantages de ce schéma sur celui des figures 7 et 8 sont les suivants :

Il n'est pas possible de faire de fausses manœuvres, parce que l'inversion des éléments auxiliaires peut se faire à n'importe quel moment et pour une position quelconque des balais K_1, K_2 et K_3, K_4.

On peut charger les éléments auxiliaires à n'importe quel moment, même pendant la décharge de la batterie ou

8...

la marche en parallèle. Enfin il est possible d'obtenir un réglage aussi précis en n'utilisant qu'un groupe d'éléments auxiliaires avec les réducteurs doubles, ce qui représente une économie considérable des frais de première mise.

Le même principe énoncé ci-dessus et qui permet d'effectuer à l'aide d'éléments auxiliaires la mise en circuit d'un groupe de réduction en deux étapes successives, peut servir également à effectuer cette mise en circuit en trois étapes d'après le schéma de la figure 14.

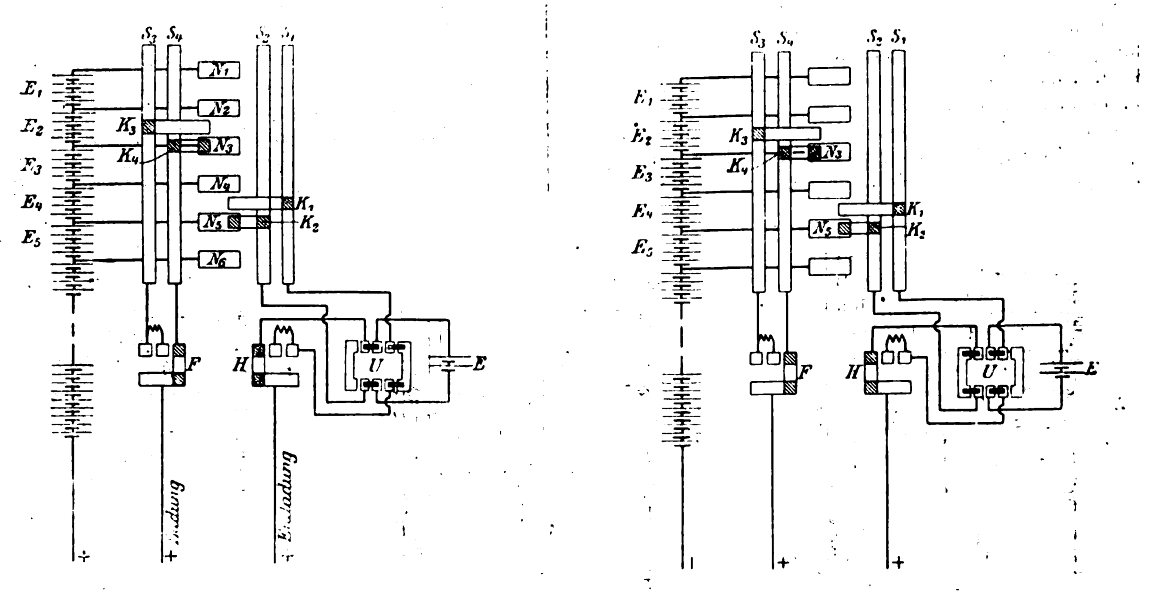


Fig. 12 et 13. — Variante du dispositif précédent, où les groupes auxiliaires sont en opposition pour l'un des balais K_1 et en décharge pour l'autre K_2.

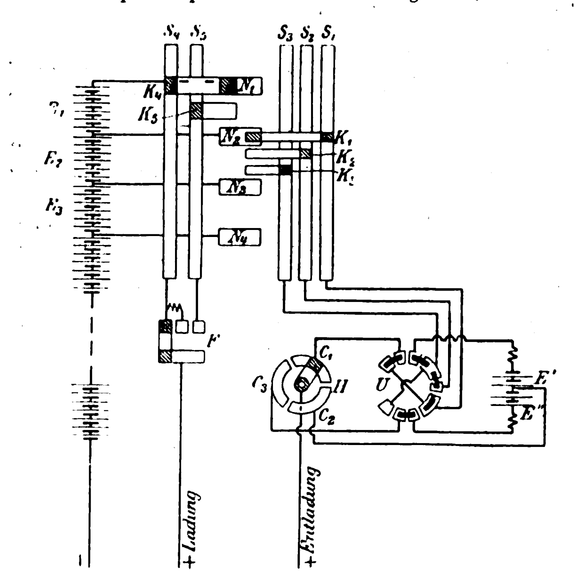


Fig. 14. — Autre variante où la mise en circuit des éléments de réduction se fait en trois étapes au lieu de deux.

Deux groupes auxiliaires E' et E'' correspondent chacun au tiers des éléments d'un groupe de réduction. Le réducteur comporte sur le circuit de décharge trois secteurs de contact S_1, S_2, S_3 et trois frotteurs K_1, K_2, K_3. Le réducteur auxiliaire H est relié rigidement aux frotteurs K_1, K_2, K_3 et porte trois secteurs C_1, C_2, C_3.

Si l'on veut augmenter la tension en partant de la position de la figure 14; on amène les frotteurs K_1, K_2, K_3 dans une position intermédiaire entre deux plots consécutifs, de façon que le frotteur K_2 se place sur le contact N_2; en même temps le frotteur du réducteur auxiliaire passe du contact C_1 sur le contact C_2; le groupe auxiliaire E' est mis en circuit.

A la phase suivante, le frotteur K_3 vient sur N_3, celui du réducteur H sur C_3; le second groupe E' est mis en circuit. A la troisième phase, le frotteur K_1 se place sur le contact N_1 et le frotteur du réducteur H revient sur le contact C_1; le groupe de réduction E_1 est complètement mis en circuit, tandis que les groupes auxiliaires E' et E'' sont mis hors circuit.

Au moyen d'un commutateur spécial U, il est possible de placer les groupes E' et E'' alternativement sur les circuits de charge et de décharge.

Naturellement ce schéma à trois étapes successives est plus compliqué que le précédent et l'économie est moindre vis-à-vis de l'emploi du réducteur ordinaire et des canalisations qu'il comporte qu'avec le système à deux étapes.

D'une manière générale, si l'on désigne par n le nombre des étapes d'un système avec réducteur ordinaire, il faudra $n + 1$ canalisations.

Avec le système à éléments auxiliaires et deux étapes, il ne faudra plus que $\frac{n}{2} + 3$ canalisations en tenant compte



des deux canalisations nécessaires au groupe auxiliaire, d'où une économie de $\frac{n}{2} - 2$ canalisations, ce qui est très important surtout avec les réducteurs doubles.

Le système à trois étapes n'exigerait, lui, que $\frac{n}{3} - 4$ canalisations; l'économie réalisée sur le système à deux étapes n'est plus que de $\frac{n}{6} - 1$ canalisations.

En continuant ainsi, on verrait que l'économie diminue à mesure que le nombre des étapes augmente, elle passe par un minimum, après quoi le nombre des canalisations nécessaires croît. La disposition avec éléments auxiliaires à trois étapes ne s'emploiera que si, pour des raisons particulières, on se trouve obligé de placer le réducteur dans un endroit éloigné du local de la batterie.

Une division plus grande, par exemple en quatre étapes, paraît être tout à fait illusoire au point de vue économique. E. P.

DIVERS.

Terminologie relative aux machines.

Après une étude poursuivie à la première Section du Comité de la Société internationale des Électriciens et consultation des groupements techniques autorisés, tels que le Comité électrotechnique français, le Syndicat des Usines d'électricité, le Syndicat professionnel des Industries électriques, la Société internationale des Electriciens vient d'annoncer (séance du 5 mars) la publication, au *Bulletin* de a S. I. E., du rapport que nous avions préparé sur ce sujet po r établir sur des bases claires et simples, une terminologie relative aux machines.

On trouvera des détails sur le but que nous nous proposions d'atteindre en nous inspirant surtout des méthodes et principes de clarté et de précision qui furent l'honneur d'Hospitalier; nous ne pouvions choisir un meilleur modèle.

L'accueil que nous avons rencontré auprès de tous ceux qui s'intéressent à la netteté du langage technique nous fait espérer que notre ami et maître regretté en cette matière n'aurait pas jugé notre effort indigne des idées qu'il préconisait.

Nous aurons rempli complètement notre tâche quand la publicité de *La Revue électrique* aura propagé l'usage des définitions méthodiques exposées dans notre rapport et contribué en cela à l'unification et à l'épuration d'une langue technique parfois trop sacrifiée au déplorable laisser-aller d'un langage commercial déréglé, ambigu, imprécis et même souvent inapproprié; les transactions techniques et commerciales ne sauraient, croyons-nous, que gagner à l'emploi d'une terminologie bien définie.

E.-J. Brunswick.

Rapport sur la terminologie des machines. — I. Durant ces dernières années, le développement des machines et appareils électriques a conduit à l'emploi d'appellations diverses, à sens parfois très vague et même contradictoire, pour désigner la nature, le but, ou certains caractères de ces appareils. Dans les transactions techniques ou commerciales, cette imprécision est souvent la cause d'erreurs, ou de mécomptes, conscients ou inconscients, qu'il ne peut être qu'avantageux d'éviter ou de proscrire.

Nous donnons, ci-après, une liste des termes que nous avons relevés dans de nombreux documents. On pourra ainsi se faire une idée de la confusion qui règne dans la terminologie à l'heure actuelle.

Termes concernant le régime des machines et appareils. — Service continu. Service permanent. Service intermittent. Service momentané. Service à régime variable.

Marche ou fonctionnement à vide. Marche ou fonctionnement en charge. Marche ou fonctionnement en surcharge.

Démarrage. Démarrage progressif.

Rendement électrique. Rendement mécanique. Rendement industriel. Rendement global, etc.

Termes relatifs au mode de construction des machines. — Machine ouverte. Machine blindée. Machine hermétique. Machine ventilée. Machine à dispositifs antidéflagrants (pour milieux poussiéreux ou explosibles).

Termes désignant des machines et appareils. — Générateur ou génératrice à courant continu. Générateur ou génératrice électrique à courant alternatif simple. Générateur (ou génératrice) monophasé.

Générateur (ou génératrice) diphasé. Générateur (ou génératrice) triphasé. Générateur (ou génératrice) polyphasé. Générateur ou génératrice synchrone. Générateur ou génératrice asynchrone. Générateur ou génératrice d'induction.

Dynamo.

Alternateur simple. Alternateur monophasé. Alternateur polyphasé. Alternateur diphasé. Alternateur triphasé. Alternateur asynchrone.

Alternomoteur. Moteur synchrone. Moteur d'induction. Moteur à cage d'écureuil.

Convertisseur. Transformateur tournant. Commutatrice.

Survolteur ou survoltrice. Dévolteur ou dévoltrice.

Transformateur (homomorphique). Transformateur d'induction.

Dynamo ou machine polymorphique.

Rectifieur. Redresseur.

Compensateur ou compensatrice. Groupe d'équilibre. Égalisateur. Diviseur de tension (dispositif Dolivo Dobrowolsky) ou séparateur de tension. Équilibreur ou groupe d'équilibre.

Auto-transformateur. Convertisseur en cascade. Transformateur hétéromorphique (dispositif Scott). Transformateur de fréquence, etc.

Termes relatifs à la puissance. — Puissance totale. Puissance moyenne. Puissance instantanée. Puissance maxima. Puissance disponible.

Puissance utilisable. Puissance débitée. Puissance absorbée. Puissance fournie. Puissance consommée. Puissance dissipée. Puissance transformée.

Puissance normale. Puissance nominale. Puissance contractuelle. Puissance effective. Puissance commerciale. Puissance déclarée (d'une installation).

Puissance apparente. Puissance indiquée. Puissance en surcharge (distinguer la surcharge d'épreuve et la surcharge usuelle, etc.



Il est donc incontestablement nécessaire qu'une entente intervienne entre les groupements techniques, en vue d'adopter des dénominations uniformes pour les termes servant à désigner, par exemple, les machines, les natures de leur régime de service, et les différentes acceptions de la puissance et du rendement.

La première Section du Comité de la Société internationale des Électriciens ayant reconnu l'utilité d'une telle entreprise, nous avons été chargés de présenter une terminologie des machines et appareils électriques qui fait l'objet de ce rapport.

II. TERMINOLOGIE DES MACHINES. — *Observation particulière préalable relative au* SYMBOLE HP, qui implique une confusion entre deux unités différentes : le horse-power anglais (746 watts) et le cheval-vapeur (736 watts).

En attendant le choix d'une unité mécanique pratique de puissance d'une dénomination plus heureuse que le cheval-vapeur (de 75 kgm : s), ou la généralisation de l'unité légale de puissance pratique, le watt et son multiple le kilowatt, il conviendrait, tout au moins, que la science et l'industrie française n'employassent qu'un seul et unique symbole, tel que CH, par exemple, en rapport avec les usages français.

Notre rôle nous imposant, avant tout, de chercher à mettre quelque ordre dans la confusion que nous venons de mettre en lumière, nous établirons d'abord une classification des machines et appareils; nous dresserons une liste de termes procédant d'un point de départ et d'une suite méthodique dans l'énumération.

[Il importe de signaler à l'attention que, par suite de circonstances particulières, les définitions présentées plus loin sont définitivement adoptées à l'heure actuelle par le Syndicat professionnel des Usines d'électricité [1].]

CLASSIFICATION DES MACHINES ET TRANSFORMATEURS.

Appareils à organes mobiles.
Machines dynamo-électriques ou dynamos.

- Génératrice ou Générateur
  - à courant continu
  - à courants alternatifs (alternateur)
    - synchrone
      - à courant alternatif simple.
      - à courant alternatif polyphasé.
    - asynchrone
- Réceptrice ou moteur
  - à courant continu
  - à courants alternatifs (alternomoteur)
    - synchrone
      - à secondaire en cage d'écureuil ou analogue.
    - asynchrone
      - à bagues.
      - à collecteur.

Survolteur.
Dévolteur.
Survolteur-dévolteur.

Compensateur à courant continu pour réseaux à ponts multiples.
Moteur-générateur à courant continu.
Convertisseur à courants alternatifs (continu-alternatif et vice versa).
Commutatrice.
Redresseur (genre du système de M. M. Leblanc).
Permutatrice.
Convertisseur en cascade.
Transformateur rotatif (divers).

Appareils électriques à organes fixes

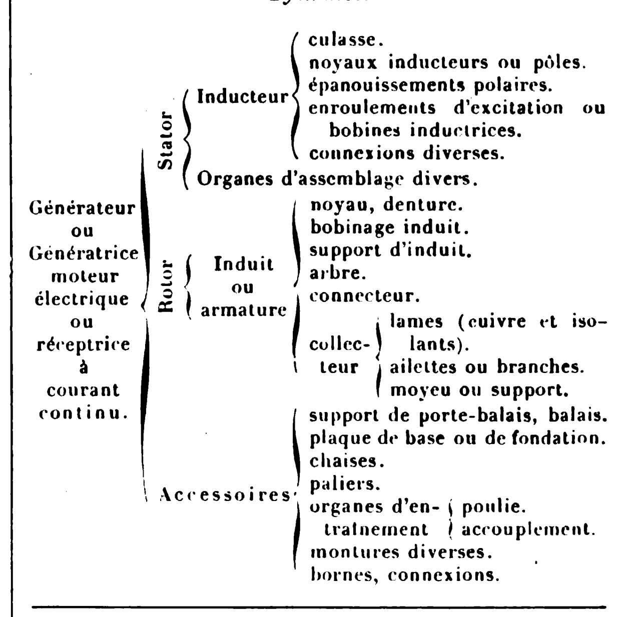
(appelés ordinairement par abréviation *Transformateurs*).

Bobine de self-inductance.
Auto-transformateur.
Transformateur à courant alternatif { simple. / polyphasé.
Transformateur du nombre de phases (genre du dispositif Scott).
Diviseur de tension (genre du dispositif Dolivo Dobrowolsky).
Transformateur de fréquence.
Redresseur électrochimique (divers).

Les organes composant ces machines peuvent donner lieu, à leur tour, à une classification particulière, qu'on peut envisager sous divers points de vue, par exemple, quant au fonctionnement général de l'appareil auquel ils appartiennent : 1° de la disposition de ces organes; 2° de leur rôle.

CLASSIFICATION DES ORGANES DES MACHINES [1]
AU POINT DE VUE DE LEURS DISPOSITIONS RELATIVES.

Dynamos.


Générateur ou Génératrice moteur électrique ou réceptrice à courant continu.

- Stator
  - Inducteur
    - culasse.
    - noyaux inducteurs ou pôles.
    - épanouissements polaires.
    - enroulements d'excitation ou bobines inductrices.
    - connexions diverses.
  - Organes d'assemblage divers.
- Rotor
  - Induit ou armature
    - noyau, denture.
    - bobinage induit.
    - support d'induit.
    - arbre.
    - connecteur.
    - collecteur
      - lames (cuivre et isolants).
      - ailettes ou branches.
      - moyeu ou support.
- Accessoires
  - support de porte-balais, balais.
  - plaque de base ou de fondation.
  - chaises.
  - paliers.
  - organes d'entraînement { poulie. / accouplement.
  - montures diverses.
  - bornes, connexions.

[1] Le Syndicat professionnel des Industries électriques et le Comité électrotechnique français ont également donné leur approbation.

[1] Une classification similaire pourrait être établie pour chacune des catégories de machines précédemment envisagées.

- Alternateur ou alterno-moteur synchrone à inducteur tournant.
  - Stator
    - Induit ou armature
      - noyau
        - denture.
        - culasse.
      - bobinage induit.
      - bâti général.
      - bornes, connexions.
  - Rotor
    - Inducteur
      - culasse.
      - noyaux inducteurs ou pôles.
      - épanouissements polaires.
      - enroulements d'excitation.
      - bobines inductrices.
      - connexions.
      - moyeu ou support.
    - Arbre.
    - Bagues collectrices.
  - Accessoires
    - supports de porte-balais, balais.
    - plaque de base ou de fondation.
    - chaises.
    - paliers.
    - organes d'entraînement.
    - montures diverses.
    - bornes, connexions.

CLASSIFICATION DES ORGANES DES MACHINES AU POINT DE VUE DE LEUR ROLE.

Dynamos.

- Matière active.
  - Circuit magnétique
    - culasse d'inducteur.
    - noyaux inducteurs.
    - noyau induit.
  - Circuits électriques.
    - enroulements d'excitation.
    - enroulement d'induit.
    - connecteur.
    - collecteur.
    - balais.
- Habillage.
  - Bâti d'assemblage du stator.
  - Plaque de base ou de fondation.
  - Chaises.
  - Paliers.
  - Support ou montures d'assemblage du rotor.
  - Arbre.
  - Organes d'entraînement.
  - Accessoires divers d'assemblage et de moulage.

Transformateurs.

- Matière active.
  - Circuit magnétique.
    - culasse.
    - noyaux.
  - Circuits électriques.
    - enroulements primaires.
    - » secondaires.
    - bornes et connexion.
- Habillage.
  - Bâti d'assemblage.
  - Accessoires.

Cette classification étant établie, permet de passer à l'énumération méthodique des termes à employer pour désigner les machines et définir leur régime.

III. Terminologie relative aux dispositions des machines. — Qualifications appliquées à une machine : ouverte, protégée, blindée, hermétique, ventilée, réfrigérée, à dispositifs antidéflagrants.

Machine ouverte. — Machine dont les bobinages sont apparents, d'accès direct, et dans laquelle la circulation d'air se fait librement et naturellement, c'est-à-dire sans dispositif spécial de ventilation.

Les machines de ce genre ne peuvent être employées que pour des installations à l'intérieur des locaux et à l'abri de l'humidité.

Machine protégée. — Machine dont les bobinages sont protégés contre les chocs par la disposition du bâti ou des paliers et dans laquelle la circulation de l'air se fait librement et naturellement sans dispositif spécial de ventilation.

Les machines de ce genre ne peuvent être employées que pour des installations à l'intérieur des locaux et à l'abri de l'humidité.

Machine blindée. — Machine pratiquement close, sauf des orifices abrités permettant l'entrée et la sortie de l'air et dont les bobinages et organes délicats sont abrités contre les projections d'eau.

Les machines de ce genre peuvent être employées pour installations à l'extérieur ou dans des locaux humides ou exposés aux intempéries.

Machine hermétique. — Machine complètement close, sans orifice pour la circulation de l'air et ne se refroidissant que par la surface extérieure du bâti.

Les machines de ce genre peuvent être exposées, moyennant des dispositions appropriées suivant les cas, aux intempéries, aux projections d'eau et placées dans des milieux contenant des vapeurs ou émanations chimiques ou des poussières en suspension.

Machine ventilée. — Une machine est dite *ventilée* lorsqu'elle comporte, étant d'un quelconque des genres précédents, un dispositif assurant la circulation forcée de l'air.

Machine réfrigérée. — Une machine est dite *réfrigérée* lorsqu'elle comporte, étant d'un quelconque des genres, un dispositif spécial (circulation d'eau ou bain d'huile, par exemple) servant à la réfrigération au moyen d'un liquide.

Machine à dispositifs antidéflagrants ou machine antidéflagrante. — Une machine est du type antidéflagrant, lorsqu'elle comporte un dispositif spécial propre soit à empêcher la déflagration de poussières ou de gaz spontanément inflammables sous l'influence des étincelles électriques, soit à empêcher la propagation des explosions.

Les machines de ce genre, à titre d'exemple, sont particulièrement adaptées aux milieux grisouteux.

IV. Terminologie relative au service, a la durée et aux régimes. — Arrêt absolu. Arrêt sous tension. Service ou fonctionnement à vide ou en charge. Service ou fonctionnement permanent ou continu. Service ou fonctionnement discontinu. Service ou fonctionnement journalier.

Arrêt absolu. — Une machine ou transformateur est à l'arrêt ou au repos :

Quand aucun de ses organes mobiles n'est en mouvement;

Aucun de ses circuits d'excitation (ou circuits primaires) n'est alimenté;

C'est-à-dire quand la machine ou transformateur n'absorbe, ne convertit ni ne fournit d'énergie mécanique ou électrique.

Arrêt sous tension. — Une machine ou transformateur est à l'arrêt sous tension :

8....



Quand aucun de ses organes mobiles n'est en mouvement, mais ses circuits d'excitation étant alimentés.

Service à vide. — Période d'attente ou de préparation durant laquelle aucune utilisation n'est demandée à la machine ou au transformateur, celle-ci ou celui-ci étant prêt à effectuer un travail utile, c'est-à-dire, selon les cas, à fournir, absorber ou convertir l'énergie électrique ou mécanique.

C'est-à-dire quand la machine ou transformateur absorbe de l'énergie électrique pour compenser ses pertes, sans fournir de travail utile.

Service en charge. — Service durant lequel la machine effectue, dans des conditions de régime à spécifier, un travail utile en fournissant, ou absorbant, ou convertissant l'énergie électrique ou mécanique, quelle que puisse être la valeur de la puissance restituée.

Durée du service. — Au point de vue de la durée, le service est permanent (ou continu) ou discontinu, conformément aux définitions conventionnelles qui suivent.

Service permanent ou continu. — Le service permanent s'entend, par convention, d'un service d'une durée à convenir avec période d'arrêt, très courte, ne permettant pas aux organes de la machine ou du transformateur de reprendre sensiblement la température du milieu ambiant.

Service discontinu. — Le service discontinu s'entend, par convention, de tout service comportant des périodes d'arrêt et de charge, de durée et de puissance variables à définir dans chaque cas suivant l'application considérée.

A titre d'exemples, on pourra considérer les cas particuliers du service discontinu, ci-après :

a. Le service discontinu dans lequel les périodes de charge sont relativement courtes avec arrêts d'une durée suffisante pour que les organes puissent se remettre en état d'équilibre de température avec le milieu ambiant (pont roulant, grue, ascenseur, etc.).

b. Le service discontinu pour lequel la durée des intervalles d'arrêt ne permet pas aux organes de se remettre en état d'équilibre de température avec le milieu ambiant (moteurs de traction, etc.).

De même, à titre de détail, il pourra être intéressant de considérer le *service journalier* ainsi défini : Le service journalier s'entend, par convention, de tout service comportant, dans un intervalle de 24 heures consécutives, des périodes d'arrêt d'une durée suffisante pour permettre l'entretien et pour que les organes de la machine ou du transformateur puissent se remettre en état d'équilibre de température avec le milieu ambiant.

Définitions particulières relatives au régime. — Le régime est défini par l'ensemble des conditions auxquelles la machine ou transformateur doit satisfaire pour chaque application et pour chaque catégorie d'appareil.

Régime fixe. — Le régime est fixe, par convention, lorsque les conditions de service doivent être invariables pendant toute la durée du service.

Seront considérés pratiquement comme appareils à régime fixe ceux qui pourraient être appelés, pendant toute la durée de leur service habituel, à fournir, ou absorber, ou convertir une puissance déterminée suivant des conditions spécifiées.

Régime variable. — Le régime est variable lorsque les besoins du service conduisent, pendant la durée de celui-ci, à modifier la puissance restituée par la machine ou le transformateur considéré.

Rendement. — Toute machine ou transformateur servant à modifier la forme de l'énergie accomplit cette transformation en restituant sous la nouvelle forme considérée une partie seulement de l'énergie totale qui lui est fournie.

Il y a travail absorbé par la transformation et il y a lieu de considérer les éléments suivants : Travail fourni; travail absorbé; travail restitué.

Le *rendement* a pour expression le rapport

$$\frac{\text{Travail restitué}}{\text{Travail fourni}}.$$

Puissance. — Passant à la notion de la puissance, on considérera, dans le fonctionnement d'une machine : la puissance (totale) fournie; la puissance restituée; la puissance absorbée.

Le rendement en puissance se définira par le rapport

$$\frac{\text{Puissance restituée}}{\text{Puissance fournie}}.$$

V. Conclusion. — En terminant, nous devons signaler qu'en présentant la Terminologie ci-dessus, nous avons entendu réserver à la Société internationale des Électriciens la faculté de rectifier, si besoin, certains détails, pour rendre ladite Terminologie rigoureusement conforme à celle qui serait éventuellement adoptée par le Comité électrotechnique français. E.-J. Brunswick.



TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

L'électrification des lignes de la banlieue de Paris des Chemins de fer de l'Etat.

Le développement considérable du trafic sur les lignes de la banlieue Ouest avait amené l'ancienne Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest à envisager la substitution de la traction électrique à la traction à vapeur sur les lignes qui desservent cette banlieue. Lors du rachat par l'État du réseau de l'Ouest, les études relatives à l'électrification, déjà avancées, furent continuées et un vaste programme de travaux fut élaboré en vue d'améliorer le service de la banlieue, aussi bien d'ailleurs que le service des grandes lignes.

Ce programme a déjà reçu un commencement d'exécution, et des travaux fort importants ont été exécutés à la gare Saint-Lazare et ses abords, afin de permettre l'établissement de nouvelles voies à traction électrique et l'électrification des anciennes voies, plus ou moins remaniées.

Dans une conférence faite le 9 mars dernier au Conservatoire des Arts et Métiers, M. Mazen, le distingué ingénieur en chef des Chemins de fer de l'État qui depuis l'origine dirige les études concernant l'électrification de la banlieue Ouest, a présenté les résultats de ces études. Après avoir montré l'importance du trafic toujours croissant des gares terminus du réseau des Chemins de fer de l'État, constaté que le service actuel ne permet pas de satisfaire convenablement et économiquement à ce trafic, examiné les améliorations à apporter à ce service, il arrive à cette conclusion que, seule, la traction électrique permet de donner satisfaction aux nombreux voyageurs qui utilisent les lignes de banlieue. Il indique ensuite comment il convient d'organiser l'exploitation électrique, comment on a été conduit à choisir le système par courant continu à 650 volts, puis il décrit les nouvelles voitures automotrices dont quelques-unes sont déjà en service sur la ligne Invalides-Versailles, indique sommairement de quelle façon l'énergie électrique leur sera fournie par un ensemble de sous-stations de transformation et deux usines génératrices de 60 000 kw chacune. Il termine par la description sommaire des améliorations qui doivent être apportées à l'agencement de la gare Saint-Lazare et des travaux déjà exécutés dans ce but.

Grâce à la complaisance de M. Mazen, nous pouvons donner ci-après un extrait très étendu de cette importante conférence. Nous n'y avons opéré qu'une suppression : celle de la description des voitures automotrices, cette description devant être bientôt publiée dans un article en préparation; et nous n'avons condensé que la dernière partie : celle où le conférencier a exposé les améliorations qui sont prévues dans les services de la gare Saint-Lazare. Nous avons pensé en effet que les questions de trafic et d'organisation des services, bien que n'étant pas d'ordre strictement électrique, se trouvaient trop étroitement liées à la question de l'électrification pour en être disjointes; les considérations exposées à ce propos par M. Mazen sont d'ailleurs des plus intéressantes, tant pour les ingénieurs de traction que pour ceux, et ils sont nombreux parmi nos lecteurs, qui ont souvent l'occasion de voyager sur les lignes de la banlieue Ouest.

Le trafic du réseau des Chemins de fer de l'État. — Le réseau des Chemins de fer de l'État, du fait de l'incorporation des lignes de l'Ouest, dessert une très notable partie de la banlieue parisienne.

Ses lignes, qui aboutissent aux trois gares terminus de Saint-Lazare, sur la rive droite, des Invalides et de Montparnasse, sur la rive gauche, comportent un développement total dans cette région qui atteint, pour l'instant, environ 500 km de simple voie, Ce total sera porté à 800 km d'ici à quelques années, quand les divers doublements et raccordements seront exécutés et que la ligne nouvelle de Montparnasse à Chartres par Gallardon, actuellement en construction, sera ouverte au service.

La carte de la figure 1 montre que ces lignes, en outre des sections intra-muros de Saint-Lazare à Auteuil, au Champ-de-Mars et aux Invalides, desservent principalement Asnières, Argenteuil, Saint-Germain, Saint-Cloud, Marly, Versailles, Clamart, Meudon, etc. La nouvelle ligne de Chartres par Gallardon desservira Sceaux, Orsay et Limours.

A un aussi large développement de voies correspond, naturellement, un trafic très considérable; aussi la gare Saint-Lazare est-elle de beaucoup, au point de vue du nombre des voyageurs reçus ou expédiés, la plus importante, non seulement des gares de Paris, mais même de l'étranger. Seule la gare de Liverpool Street, de Londres, lui est à peu près comparable.

Mais ce trafic est loin de rester stationnaire; il augmente sans cesse et les statistiques montrent que, depuis tantôt 10 ans, il a augmenté de 3 à 4 pour 100 par an, ce qui conduit à penser qu'en conservant la vapeur, il doublerait environ en 25 ans.

En outre des services proprement dits de la banlieue, les Chemins de fer de l'État ont à satisfaire également avec leur organisation, aux services des grandes lignes, et l'on conçoit facilement l'importance de cette partie de la question si l'on remarque que ce réseau dessert, avec ses 9000 km de lignes, la Normandie, la Bretagne, le Perche, l'Anjou, la Vendée, la Saintonge et toutes les régions côtières depuis le Tréport jusqu'à Bordeaux.

Disposé en éventail au départ même de Paris, ce réseau amène, chaque jour, par dix directions principales (Dieppe, Le Havre, Cherbourg, Granville, Brest, Saint-Nazaire, Nantes, Les Sables, La Rochelle et Bordeau)



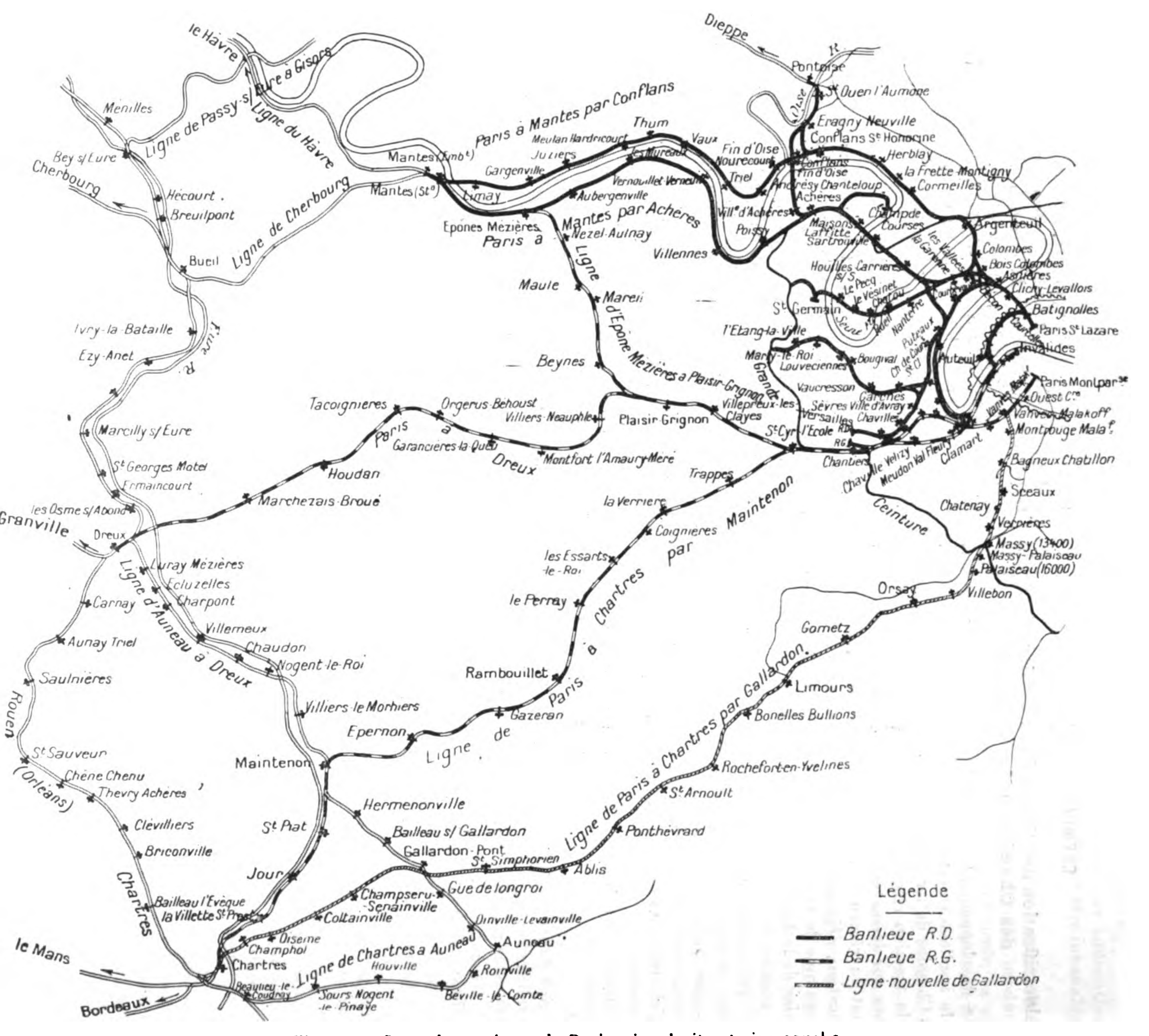


Fig. 1. — Carte des environs de Paris, rive droite et rive gauche.

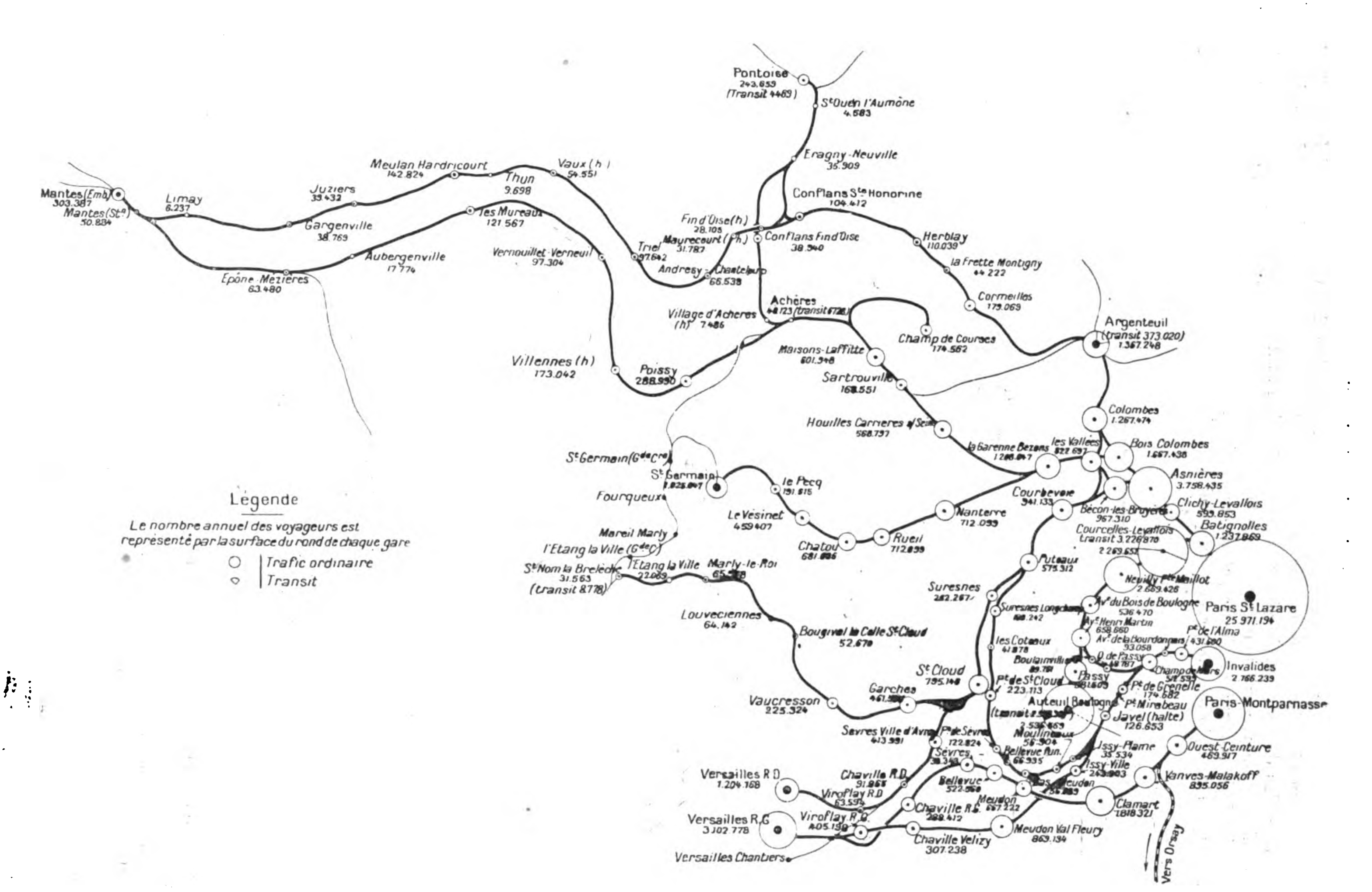


Fig. 2. — Trafic annuel des différentes gares.

8.....

plus de 80 trains de voyageurs de grandes lignes dans la capitale [1].

Si l'on y ajoute le nombre des trains de banlieue, on obtient un total de plus de 820 convois entrant chaque jour à Paris, ce qui revient, avec les retours, à un ensemble de plus de 1640 circulations dans les 24 heures, et, comme la journée se compose de 1440 minutes, cela correspond à plus d'un train par minute entrant ou sortant de Paris.

Le nombre des voyageurs qui fréquentent annuellement les trois gares terminus de Paris des Chemins de fer de l'État se chiffre par 70 millions environ. Dans ce total la gare Saint-Lazare entre à elle seule pour 60 millions.

L'augmentation est de l'ordre de 2 millions par an.

MOUVEMENT
SUR LES VOIES PRINCIPALES AU DÉPART
DES GRANDES GARES DE PARIS

LÉGENDE

Fig. 3. — Mouvement au départ des grandes gares de Paris.

Le trafic annuel des différentes gares de Paris et de sa banlieue a été représenté sur la carte de la figure 2.

La surface des cercles est proportionnelle au nombre annuel des voyageurs reçus chaque année par la gare. Les secteurs verts indiquent les voyageurs en transit.

L'inspection de cette carte montre l'énorme importance des gares comprises dans le périmètre Asnières, Colombes, La Garenne et Courbevoie. On a là, en nombre, le tiers du total des voyageurs de la banlieue. Cette remarque est de grande importance pour la détermination du mode d'exploitation.

Il est aisé de concevoir qu'un semblable développement du trafic n'a pu être obtenu que par des augmentations successives, non seulement du nombre des trains mais aussi, à l'aide des locomotives à vapeur modernes, des charges.

Les installations fixes, c'est-à-dire les voies et leurs accessoires, ont dû être utilisées avec leur maximum de capacité et l'on est arrivé, pour les lignes au départ de Paris, à un graphique complètement plein aux heures

[1] Tous les chiffres indiqués se rapportent aux années 1909 et 1910, époque à laquelle ont été faites les études générales de l'électrification.

chargées, et, pour certaines sections de banlieue, à la composition maxima autorisée de vingt-quatre véhicules.

Encore le service n'est-il possible qu'avec l'emploi de voitures à impériales, ce qui, on le conçoit, permet d'augmenter beaucoup la capacité des convois par mètre courant, mais ne saurait être conservé dans un projet moderne.

A un moment donné, l'intensité de la circulation est devenue tellement importante que, en particulier, sur deux des trois lignes qui seules aboutissaient à Saint-Lazare avant la récente mise en service des quatrièmes voies, elle dépassait 200 circulations au départ par 24 heures, alors que sur tous les autres réseaux on ne dépassait pas 100 circulations pour les trains ordinaires et que seuls le Nord, pour des trains-tramways, et l'Orléans, pour les trains électriques de la gare d'Orsay, atteignaient respectivement 148 et 130 circulations. C'est cette situation que montre le graphique de la figure 3.

Ce qui vient d'être indiqué pour les voies s'applique évidemment aussi au reste des installations : gares, stations, bifurcations, etc.

Une semblable situation devait appeler forcément l'attention; aussi, dès 1908, voyons-nous la Compagnie de l'Ouest faire approuver un premier projet comportant l'électrification des lignes de Saint-Germain et d'Argenteuil.

Dès l'incorporation au réseau d'État des lignes de l'Ouest, l'Administration se préoccupa à nouveau de la question et un programme d'ensemble fut élaboré. C'est ce programme, dont la réalisation se poursuit en ce moment, qui va être examiné ci-dessous.

Pour arriver à un exposé méthodique de la question, il convient tout d'abord d'examiner la situation actuelle avec l'emploi de la traction à vapeur, de voir les améliorations à réaliser et, enfin, d'étudier l'organisation nouvelle qui permettra d'arriver à une solution satisfaisante.

Situation actuelle de l'exploitation du réseau de banlieue des Chemins de fer de l'État. — Si l'on examine d'un peu plus près la situation telle qu'elle se présente à l'heure actuelle, nous voyons (*fig.* 4) tout d'abord qu'à part les 218 et 213 circulations, dans chaque sens, des voies de Versailles et de Saint-Germain, dans le goulot formé par le tunnel triple qui passe sous Batignolles pour aboutir à Saint-Lazare, il circule à Asnières 167 trains sur les voies de Versailles et 197 sur celles de Saint-Germain.

Les autres sections les plus engorgées sont :

	Circulations.
Sur la rive droite :	
Paris à l'avenue Henri-Martin	150
Bécon à Puteaux	131
Asnières à la Garenne	106
Colombes à Argenteuil	103
Sur la rive gauche :	
Invalides au Champ-de-Mars	139
Clamart à Porchefontaine	89
Porchefontaine à Versailles R. G.	67

Il convient d'ajouter que les sections les plus difficiles comme exploitation sont celles dans lesquelles il y a superposition, sur les mêmes voies, de trains d'allures très différentes (rapides, express, omnibus et marchandises), et il y a lieu de signaler, en particulier, à ce point de vue, les sections de Saint-Lazare à Asnières (voies de Saint-Germain) et celle de Clamart à Porchefontaine, cette dernière en rampe continue de 6 mm.

Pendant les heures les plus chargées (6 h 30 m à 7 h 30 m du soir) on compte :

	Circulations.
Au départ de Saint-Lazare :	
Sur Auteuil	10
Sur Versailles	11
Sur Saint-Germain	11
Au départ des Invalides :	
Sur Porchefontaine	4
Au départ de Montparnasse :	
Sur Porchefontaine	5

Fréquence des départs. — L'activité fort grande de toute cette circulation ne permet pas, d'ailleurs, de desservir les différentes sections de la banlieue dans des conditions bien satisfaisantes au point de vue de la fréquence des départs.

En effet, le nombre des trains est sensiblement le suivant par heure, et dans chaque sens, pour les différentes directions :

	Trains.
Auteuil, Clamart	4
Champ-de-Mars, Moulineaux, St-Germain Argenteuil et Mantes	2
Versailles, R. D., Versailles R. G. (Invalides), Versailles R. G. (Montparnasse), La Garenne	$1\frac{1}{2}$
L'Étang-la-Ville, Passy, Conflans, Pontoise.	1

Vitesses. — Les vitesses obtenues sont, dans presque tous les cas, absolument insuffisantes. En effet, pour les trains omnibus, il faut compter 25 km : h (vitesse à peine plus élevée que celle du Métropolitain : 20 km : h), pour les semi-directs et directs de 35 à 45 km : h.

Mantes, Poissy et Versailles-Chantiers bénéficient, il faut bien le dire, de certains trains de grandes lignes d'allure assez rapide.

Importance du matériel roulant. — Le matériel roulant employé au service de banlieue est, malgré le faible nombre relatif des départs, très considérable.

Il comprend environ 1500 voitures et 200 locomotives qui représentent, avec les installations en dépendant : dépôts, ateliers, remisages, un total qu'on peut évaluer à plus de 50 millions.

L'importance de ce matériel s'explique par ce fait qu'étant données les difficultés de modifier la composition des trains, on les laisse circuler constamment à peu près avec les mêmes véhicules et que, ne disposant pas de garages en cours de route, garages qu'il faudrait très importants, vu la longueur des convois, on conduit tout le matériel jusqu'à l'extrémité des lignes.

L'utilisation des places ne dépasse pas, dans ces conditions, 18 à 20 pour 100.

Avec une semblable méthode d'exploitation, le tonnage transporté est forcément très considérable (1500 millions de tonnes-kilomètre par an). Dans ces chiffres,



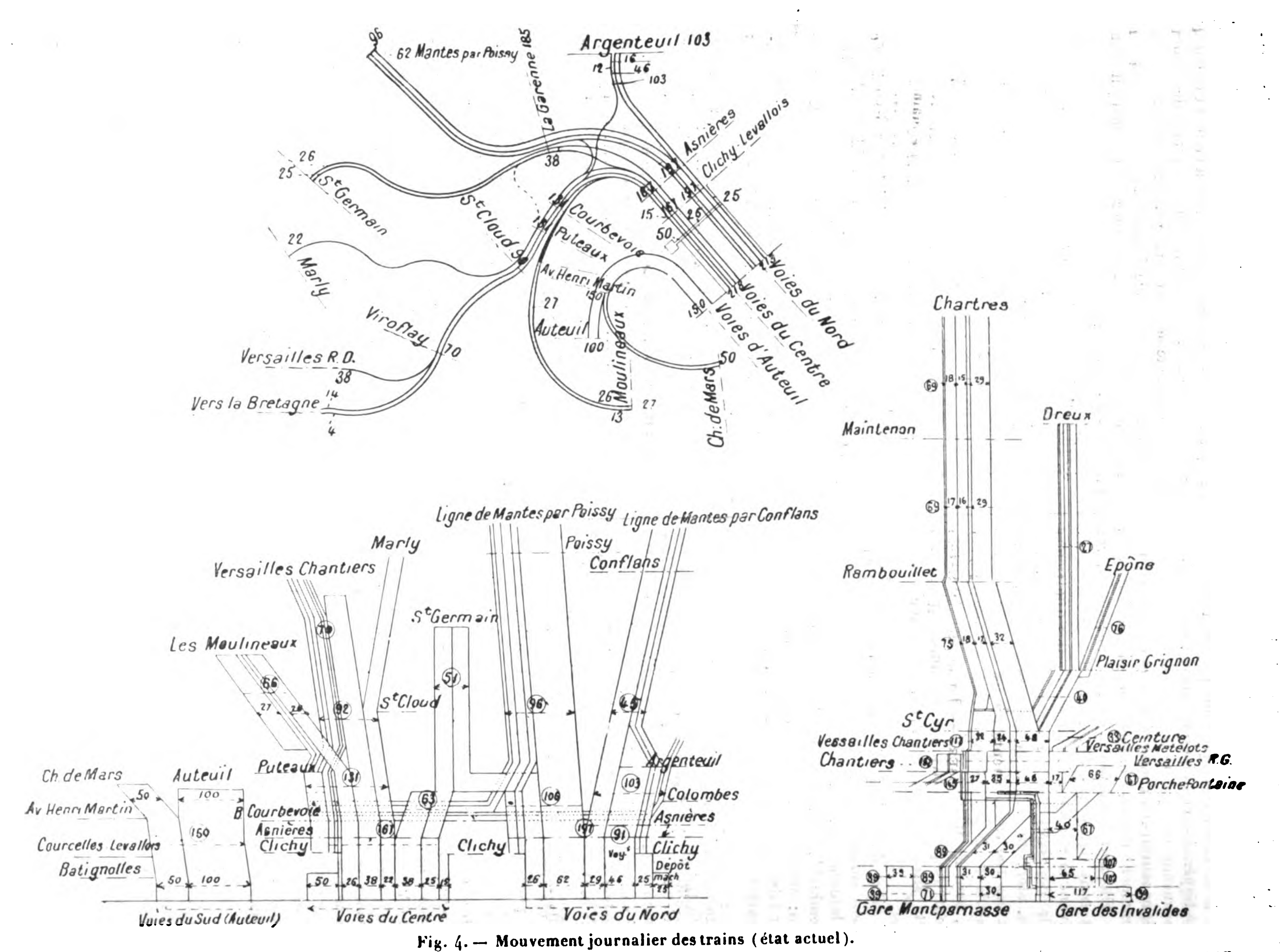


Fig. 4. — Mouvement journalier des trains (état actuel).

Les graphiques ci-dessus se rapportent à un jour de semaine; certains jours chargés d'été le nombre des trains est augmenté de 10 à 20 pour 100. Les chiffres indiquent le nombre des circulations dans le sens qui s'éloigne de Paris; ceux entourés d'une circonférence donnent les totaux par ligne.

remarquons que les locomotives entrent pour 450 millions, soit un peu plus du quart.

Ces conditions d'exploitation vraiment défectueuses conduisent, cependant, à des dépenses annuelles très importantes bien qu'on ne fasse que 6 600 000 km de parcours annuel.

Enfin le tout se traduit, au point de vue financier, par un important déficit, qui irait en s'aggravant si l'on ne prenait des mesures radicales pour l'exploitation de la banlieue.

Le seul moyen de sortir de cette situation paraît être d'arriver à un système d'exploitation susceptible, d'une part, d'améliorer l'ensemble du service et, d'autre part, d'amener une notable augmentation du trafic.

Améliorations a réaliser. — La méthode actuelle d'exploitation est donc nettement insuffisante et il importe de la modifier dans le plus bref délai possible.

Le trafic augmente sans cesse : aux heures chargées les trains partent de Paris et y arrivent bondés. Il faudrait donc, si l'on voulait conserver la traction à vapeur, pouvoir augmenter le nombre des trains. Or, plusieurs raisons s'opposent à tout développement à ce point de vue. En effet : 1° presque toutes les sections au départ des gares de Paris sont au maximum de charge; 2° les quais des gares de Paris et, en particulier, ceux de Saint-Lazare et de Montparnasse, sont en nombre tout à fait insuffisant.

Cette insuffisance tient surtout à ce qu'avec la vapeur on est obligé à des manœuvres longues et compliquées pour la mise en tête et le retrait des locomotives.

Il faut ajouter à ces difficultés les sujétions qui proviennent de la question des prises d'eau et de combustibles.

De là, dans une gare terminus, l'obligation de faire, pour chaque train entrant ou sortant, deux, trois et quelquefois quatre manœuvres qui, encombrant la tête des voies à quai, créent incontestablement des chances d'accident tout en ralentissant les départs.

Il faut donc, avant tout, pour augmenter l'utilisation d'une gare terminus et de ses quais, supprimer toutes ces manœuvres.

Comment y arriver ? Mais en évitant le passage de tête en queue de la locomotive à vapeur et en organisant le train de manière qu'il puisse être conduit de l'avant et de l'arrière sans avoir à modifier sa composition.

On a bien essayé de résoudre ce problème difficile à l'aide de la vapeur, mais on s'est heurté à des complications de toute espèce.

Certains ingénieurs ont été jusqu'à imaginer de placer la locomotive au centre du train, arrivant ainsi à une certaine symétrie, mais en fait aucune disposition n'a vraiment donné complète satisfaction.

Si l'on s'adresse, au contraire, à l'électricité, on obtient toutes facilités.

En effet, le système à unités motrices multiples permet de commander, on le sait, d'un point quelconque d'un train, tous les moteurs électriques qui actionnent les essieux de ce train.

En plaçant des postes de manœuvre à l'avant et à l'arrière de la rame, on obtient un train réversible sans aucune manœuvre de véhicule.

Si l'on rend motrices une notable partie des voitures du train, on pourra également décomposer sans manœuvre d'aucune sorte le train en tronçons tous automoteurs. Circonstance fort intéressante, comme on le verra plus loin, et qui permettra de proportionner exactement le nombre des places offertes aux besoins du trafic. Ceci ne peut être économiquement obtenu avec la vapeur puisque l'on conserve en tête la locomotive qui forme toujours une fraction fort élevée du poids total du convoi.

Ajoutons à tout cela qu'en distribuant les moteurs électriques sous les divers véhicules du train, on dispose d'un poids adhérent important et qu'on peut facilement obtenir des mises en vitesse très rapides permettant, en particulier, de dégager les têtes des gares terminus en augmentant encore le rendement.

Ce sont là des conditions que le Métropolitain et le Nord-Sud ont suffisamment mises en valeur pour qu'il soit superflu d'insister davantage.

Toutes ces circonstances, jointes à l'emploi d'une vitesse de régime suffisante, permettront évidemment de réduire notablement les temps de transport.

Capacité d'une ligne à traction à vapeur. — Mais avant d'abandonner définitivement l'idée d'employer la vapeur, examinons un peu ce qu'elle donne, comparée à la traction électrique, au point de vue de la capacité des lignes.

La grande pratique qu'on a de l'emploi de la traction à vapeur a permis de se rendre compte qu'il ne fallait pas chercher à dépasser, avec le matériel sans impériales, par ligne à deux voies et à arrêts fréquents, un débit de 10 000 à 12 000 voyageurs à l'heure, et encore ces chiffres ne peuvent-ils être obtenus qu'à l'aide de trains lourds et, par suite, avec une vitesse commerciale réduite, à cause de la lenteur forcée des mises en vitesse. Des essais faits sur la ligne de Saint-Lazare à Auteuil ont donné toute certitude à cet égard.

En Angleterre, où certains réseaux emploient des trains relativement légers, remorqués par des locomotives lourdes et puissantes, on ne dépasse guère un débit de 8000 à 10 000 voyageurs à l'heure. Ici, grâce à la réduction des charges, on obtient des mises en vitesse qui, tout en n'étant pas aussi rapides qu'avec la traction électrique, sont néanmoins fort améliorées. Mais, par contre, les frais de traction sont notablement augmentés.

Capacité d'une ligne à traction électrique. — A côté de ces chiffres, mettons ceux de la traction électrique et constatons qu'avec des trains de cinq voitures contenant 500 places le Métropolitain assure un débit horaire de 12 000 voyageurs. Avec des voitures de 3 m de largeur au lieu de 2,40 m, de 22 m de longueur au lieu de 14 m, et huit de ces voitures par train, on arrive, dans les mêmes conditions, au chiffre énorme de 40 000 voyageurs et, en supposant les places assises seules utilisées, à celui de 20 000.

Tout dernièrement, à l'occasion de l'élection de M. le Président de la République, il a été possible de ramener de Versailles aux Invalides, dans six voitures électriques

8......



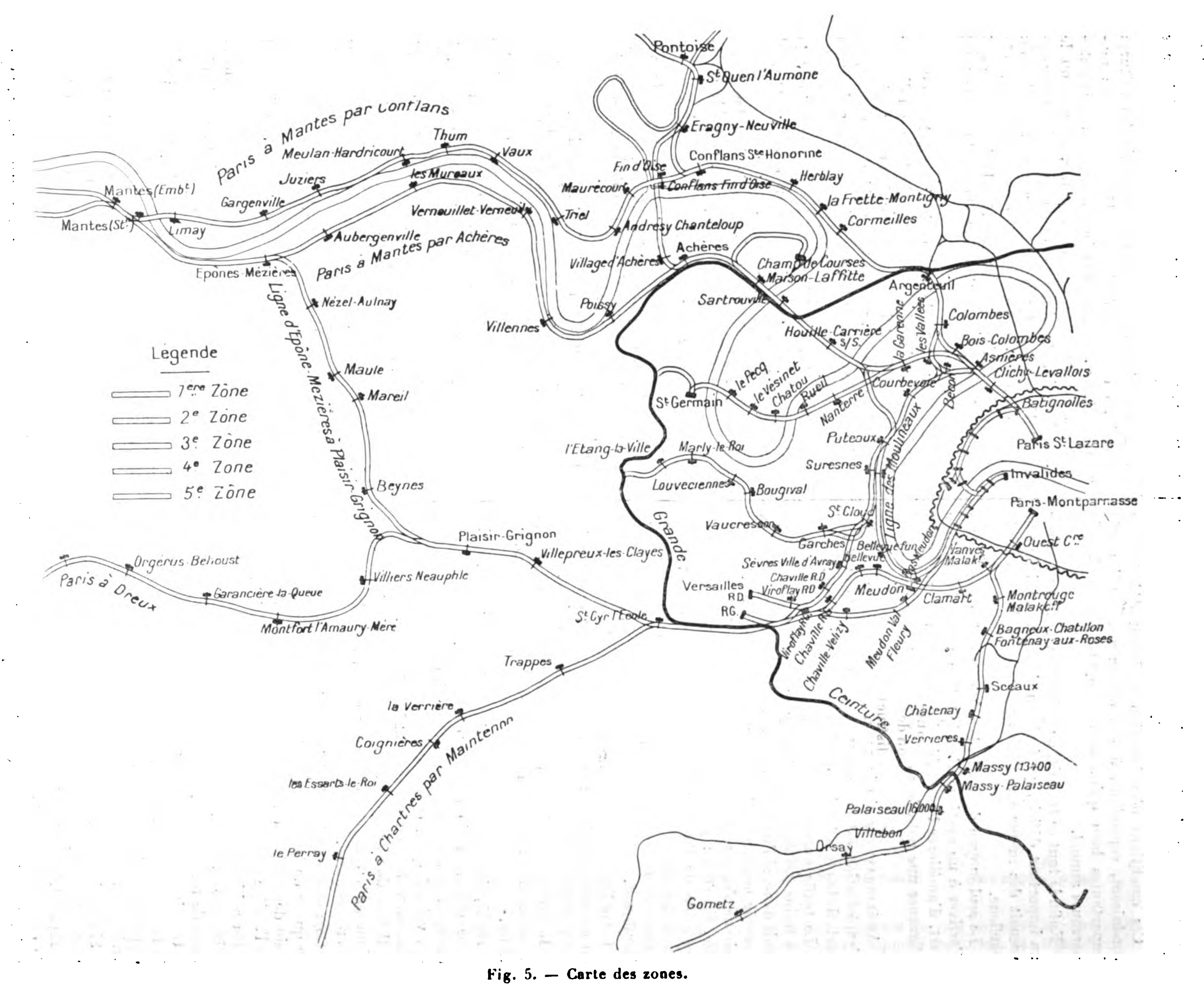


Fig. 5. — Carte des zones.

du type considéré, 1500 voyageurs, ce qui correspondroit à un débit horaire de 48 000 voyageurs.

Le voyage a d'ailleurs été effectué en 14 minutes.

On peut donc conclure que la traction électrique, avec des mises en vitesse extra-rapides, permet de diminuer sensiblement les temps de transport et de doubler le débit d'une ligne.

Elle permet, de plus, par la suppression des manœuvres, de diminuer notablement le nombre des quais nécessaires à un service donné dans les gares terminus.

L'exploitation par zones. — Pour obtenir les chiffres précédents, nous avons admis implicitement que les sections de lignes considérées étaient seulement parcourues par des trains de banlieue de même vitesse.

Cela revient à l'obligation de répartir les trains d'allures différentes sur des voies distinctes.

C'est ce que les Anglais ont fait aux alentours de Londres en séparant complètement le trafic des grandes lignes de celui de la banlieue et c'est aussi ce que la Compagnie des Chemins de fer de l'État a été conduite à envisager.

A l'heure la plus chargée (6 h 30 m à 7 h 30 m du soir), il part de Paris, par les lignes de l'État, environ 24 000 voyageurs se répartissant comme il suit :

Saint-Lazare.	Auteuil.........	3500	19500
	Banlieue..........	15000	
	Grandes lignes....	1000	
Invalides....	Banlieue.........	1200	1500
	Grandes lignes...	300	
Montparnasse	Banlieue.........	2500	3100
	Grandes lignes....	600	
	Soit un total général de......		24100

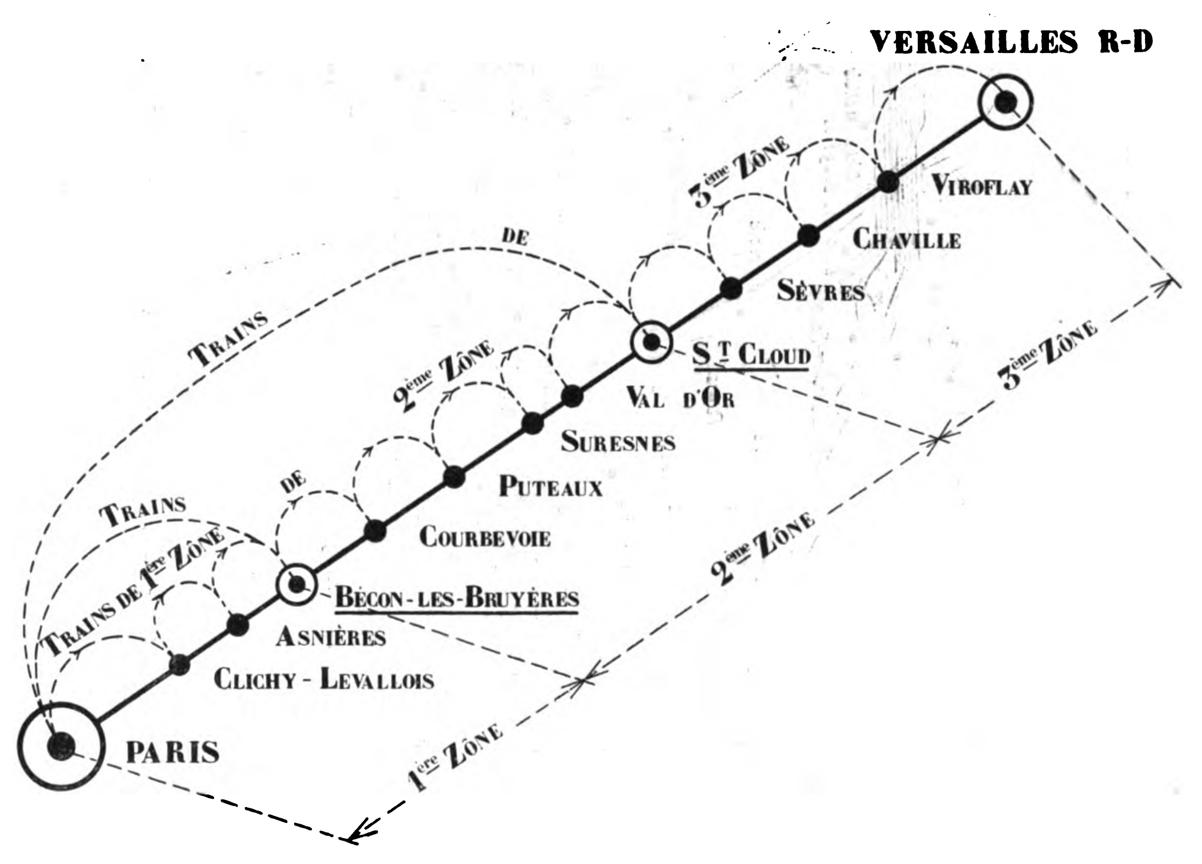


Fig. 6. — Trains de zone.

Les voyageurs de banlieue se répartissent entre trois zones (*fig.* 5) par parties à peu près égales :

Première zone (avec 7500 voyageurs) allant : de Saint-Lazare à Bécon et Bois-Colombes; des Invalides à Issy-Plaine; de Montparnasse à Clamart. Distance environ 5km.

Deuxième zone (avec 1500 voyageurs) allant : sur la R. D., à Argenteuil, Houilles, Rueil, Saint-Cloud; sur la R. G., Bellevue, Chaville, Velizy; et comprenant la ligne des Moulineaux. Distance 10km à 12km.

Troisième zone (avec 6000 voyageurs) allant jusqu'à l'extrémité des lignes : Mantes, Pontoise, Saint-Germain, l'Étang-la-Ville et toutes les gares de Versailles.

L'ensemble de tout ceci montre la nécessité, pour réduire au strict minimum les circulations inutiles,

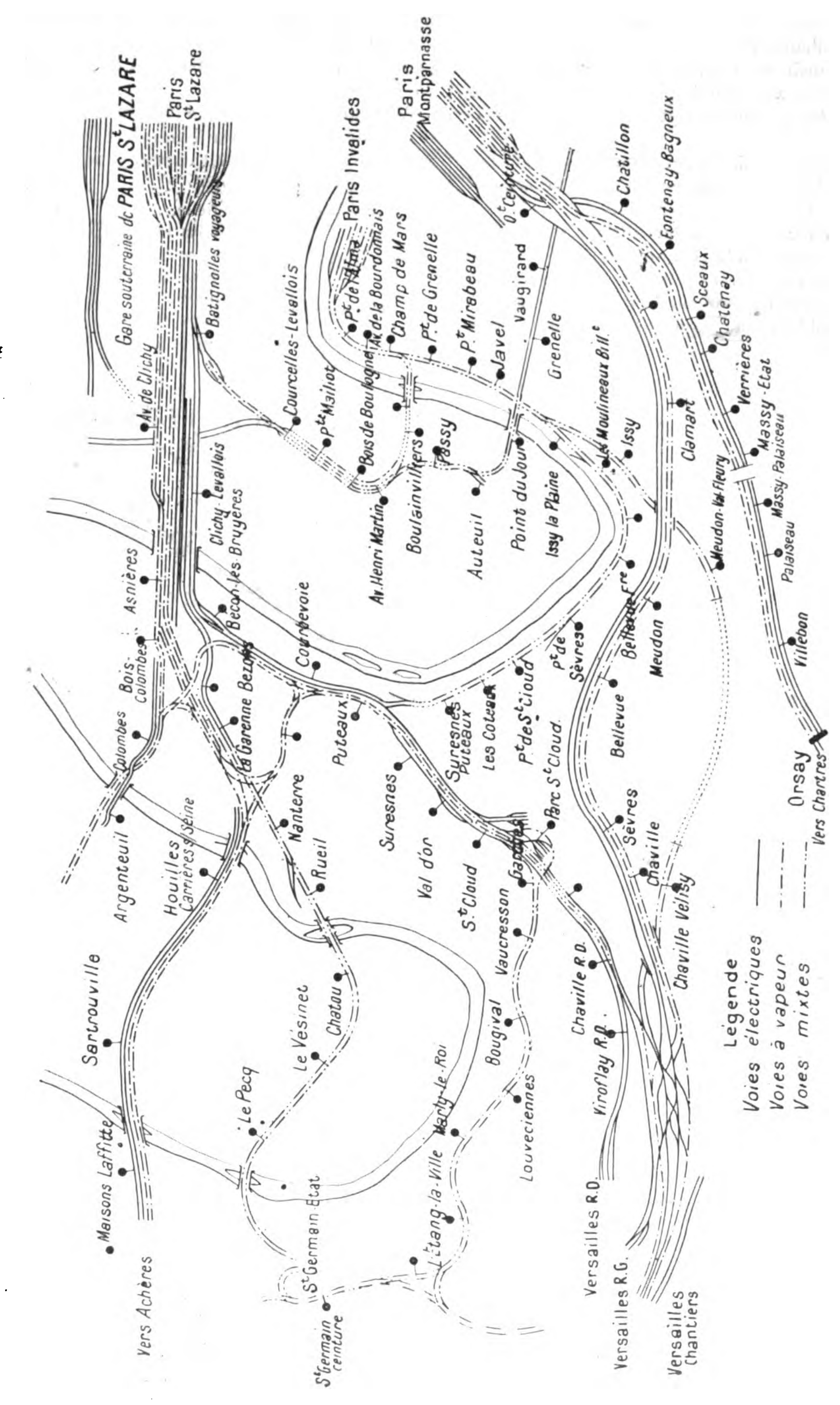


Fig. 7. — Carte schématique des voies aux abords de Paris.

d'arriver à l'exploitation par zones. En quoi consiste donc ce mode d'exploitation ?

Il consiste à faire desservir chaque zone par des trains spéciaux ne s'arrêtant pas dans les autres zones (*fig.* 6).

Dans ces conditions :

La première zone sera desservie par des trains omnibus partant de Paris, s'arrêtant à toutes les gares et ayant leur point terminus à l'extrémité de la première zone. Exemple : Saint-Lazare-Bécon, Montparnasse-Clamart.

La deuxième zone sera desservie par des trains ne s'arrêtant pas dans la première zone, omnibus ensuite et ayant leur terminus à l'extrémité de la deuxième zone. Exemple : Saint-Lazare-Bécon-Saint-Cloud, Montparnasse-Clamart-Bellevue.

On voit de suite que, dans la plupart des cas, les temps de transport sont très diminués. Par exemple, alors que l'on met, en train omnibus, de 55 à 60 minutes pour aller de Saint-Lazare à Versailles R. D., on ne mettra, par le train normal de troisième zone, que 30 minutes. Le trajet de Paris à Saint-Germain sera réduit à 25 minutes.

Par contre, il faut changer de train pour aller d'une gare non terminus d'une zone à une gare d'une autre zone. Exemple : Asnières (1re zone) à Suresnes (2e zone) : changement de train à Bécon. Mais la statistique montre que ce sont là des cas isolés et dont le nombre ne dépasse pas 2 pour 100 du total.

Pour réaliser un progrès sérieux sur la situation actuelle, on est conduit à prévoir : dans les sections les plus fréquentées normalement, quatre trains à l'heure dans chaque sens et trois ou deux dans les autres avec des marches supplémentaires aux heures de fort trafic.

Dans ces conditions, le nombre de trains est notablement augmenté et il devient par heure, dans chaque sens, pour la banlieue seule :

A Saint-Lazare..	Auteuil........	20	80
	Banlieue...........	60	
Aux Invalides...	Banlieue...........		8
A Montparnasse.	(Une fois la ligne Gaillardon ouverte)		14
	Soit un total de...........		102

Pour ne pas dépasser un nombre raisonnable de circulations par ligne et arriver à spécialiser les voies par nature de circulation banlieue et grandes lignes, on a été conduit à examiner l'utilisation de chaque ligne, en particulier au départ de Paris, et après des études multiples dont il est superflu de donner le détail ici, on est arrivé au schéma général des lignes que représente la figure 7.

Le service des grandes lignes, tant à Saint-Lazare qu'à Montparnasse, sera, lorsque le programme total aura été réalisé, fait sur des voies indépendantes de celles de la banlieue et celles-ci arriveront, en particulier, à la gare Saint-Lazare, en voies indépendantes.

Les lignes de Normandie auront, en effet, accès direct jusqu'à Asnières au moyen de deux voies spéciales obtenues par doublement des voies de la ligne de Mantes par Poissy.

Les trains de Bretagne, amenés de Versailles-Chantiers sur deux voies spéciales jusqu'à Suresnes, viendront retrouver les voies de Normandie par un nouveau raccordement dit de la Folie.

Quatre voies conduiront tous les trains de grandes lignes d'Asnières à Saint-Lazare, et deux voies seront affectées spécialement au service du matériel et des locomotives.

Sur la rive gauche, les trains venant de Bretagne par Versailles R. G. ou Gallardon auront également leurs voies spéciales jusqu'à Montparnasse.

Seules les voies aboutissant aux Invalides recevront les deux genres de circulation.

Les trains de banlieue arriveront à Saint-Lazare par quatre lignes dont deux souterraines et deux au niveau du sol. Une des lignes souterraines sera affectée au service d'Auteuil

A Montparnasse, tous les trains de banlieue aboutiront à une gare souterraine laissant libre, pour les grandes lignes, toutes les installations de la surface.

Le programme une fois exécuté, le mouvement journalier des trains sera porté de 820 à 2000 environ dans chaque sens, c'est-à-dire n'aura pas tout à fait triplé.

La figure 8 montre le mouvement journalier des trains dans les deux gares de la rive gauche après l'électrification.

Aucune section parcourue par les trains à vapeur ne recevra plus de 100 convois par jour et dans chaque sens, alors qu'on a admis pour les voies parcourues par les trains électriques des chiffres allant jusqu'à 350.

Ce dernier chiffre n'a rien d'effrayant si l'on considère que le Métropolitain et le Nord-Sud font un excellent service avec une circulation de plus de 400 trains par jour, dans chaque sens, dans certaines sections.

Pour être complet, nous ajouterons que le réseau de l'État prévoit la création d'une grande gare régulatrice des mouvements d'approche des trains de marchandises vers Paris. Cette gare sera construite sur le raccordement de La Folie.

Enfin, nous ajouterons que d'importants travaux s'exécutent en vue de l'organisation d'ateliers nouveaux, tant pour le matériel roulant que pour le matériel fixe.

On pourrait se demander si une semblable organisation sera de nature à amener une augmentation importante du trafic.

La réponse se fait d'elle-même si l'on considère que la ligne électrifiée des Invalides à Versailles a vu son trafic augmenter de 12 à 13 pour 100 par an, alors que les autres lignes augmentaient à peine de 2 à 3 pour 100. Nous pourrions citer une ligne électrifiée symétrique de la précédente à Paris et qui se présente absolument dans les mêmes conditions. Des exemples multiples, en Angleterre en particulier, pourraient être cités, en sorte qu'on ne saurait douter du résultat.

Organisation de la traction électrique. — Un examen très suivi de la répartition du trafic suivant les heures, les saisons et les sections de ligne, a conduit à envisager l'emploi d'un type unique de voiture électrique, organisé de manière à contenir tous les éléments d'un train de banlieue complet : fourgon, 1re et 2e classes.

Cette voiture [1] comporte, avec l'emploi de strapontins, 100 places assises.

[1] Une description détaillée des automotrices électriques sera donnée prochainement.



On sait, d'ailleurs, que la 3e classe a été depuis longtemps supprimée sur les lignes de banlieue, sauf sur celle d'Argenteuil où sa suppression est décidée.

Pendant une notable partie du temps, le service sera fait avec des convois composés d'une seule voiture; le nombre des places ainsi offertes sera, en effet, largement suffisant à certaines heures.

Pendant les périodes de trafic plus intense et sur les sections les plus chargées, les trains seront composés de plusieurs voitures semblables.

Il est prévu que des trains électriques spéciaux assureront le service des messageries qui, dans la banlieue, se développe de plus en plus.

Pour déterminer le nombre des voitures à lancer sur chaque section de ligne, il a été fait, pendant un assez long laps de temps, des relevés du trafic horaire dans chaque gare de la banlieue, et l'on a pu, à l'aide de ces relevés, se rendre compte, pour chaque ligne et pour chaque zone, du nombre des places demandées heure par heure.

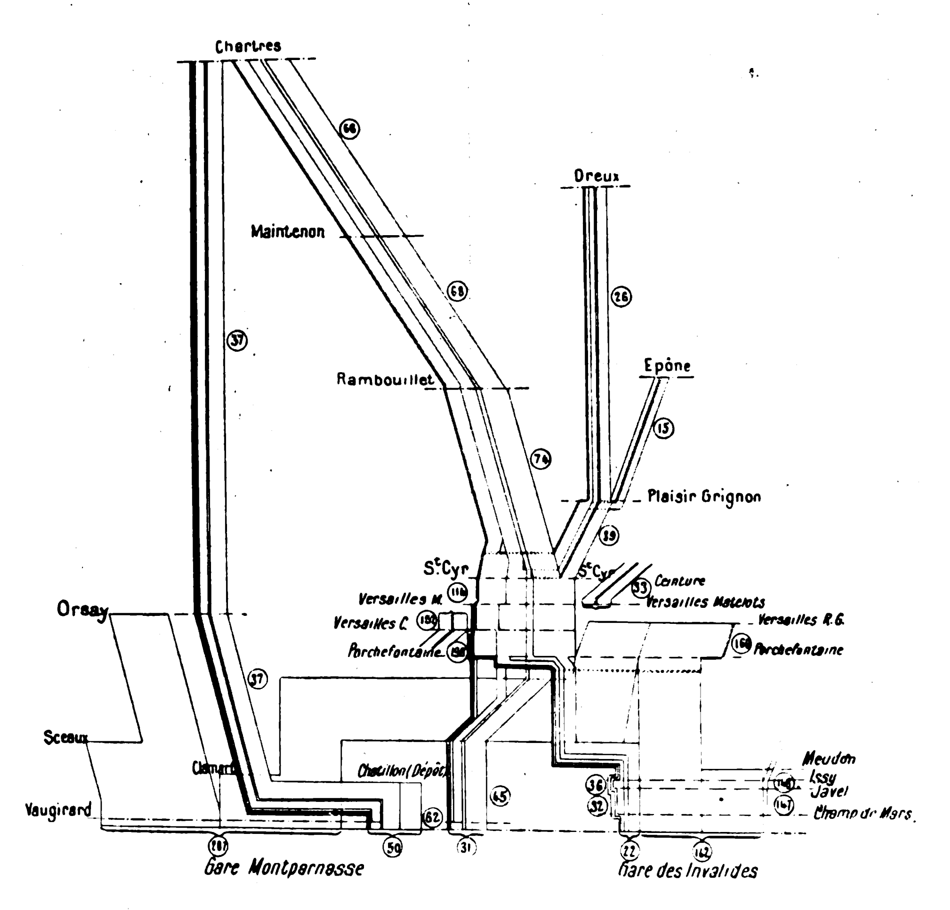


Fig. 8. — Mouvement journalier des trains après électrification (rive gauche).

Ces nombres varient naturellement avec les saisons, mais pour chaque saison on a recueilli des chiffres précis qui ont servi de base à l'établissement du service.

On conçoit, en effet, que pour une zone d'une ligne demandant à une heure déterminée 1200 places, il faille prévoir la circulation d'un minimum de 12 voitures, soit 3 trains à 4 voitures, soit 4 trains à 3 voitures.

C'est dans cet ordre d'idées qu'ont été établis les graphiques des figures 9 et 10.

On constate que sur la ligne de Saint-Lazare à Auteuil, par exemple, il suffit, aux heures les plus chargées, de prévoir 20 marches à 2 voitures, soit 4000 places, alors qu'aux heures mortes il suffit d'offrir de 200 à 800 places, c'est-à-dire qu'une voiture lancée toutes les 6 minutes est largement suffisante.

Dans la première zone de la rive droite, il faut arriver à des compositions allant jusqu'à quatre voitures, car la desserte de plusieurs zones sur la même ligne interdit de multiplier par trop les départs affectés à chaque zone.

Le service des autres zones beaucoup moins chargées se fait aisément avec une, deux ou trois voitures, étant donné qu'on désire ne pas espacer les départs à plus de 15 minutes, afin de conserver à l'ensemble du service



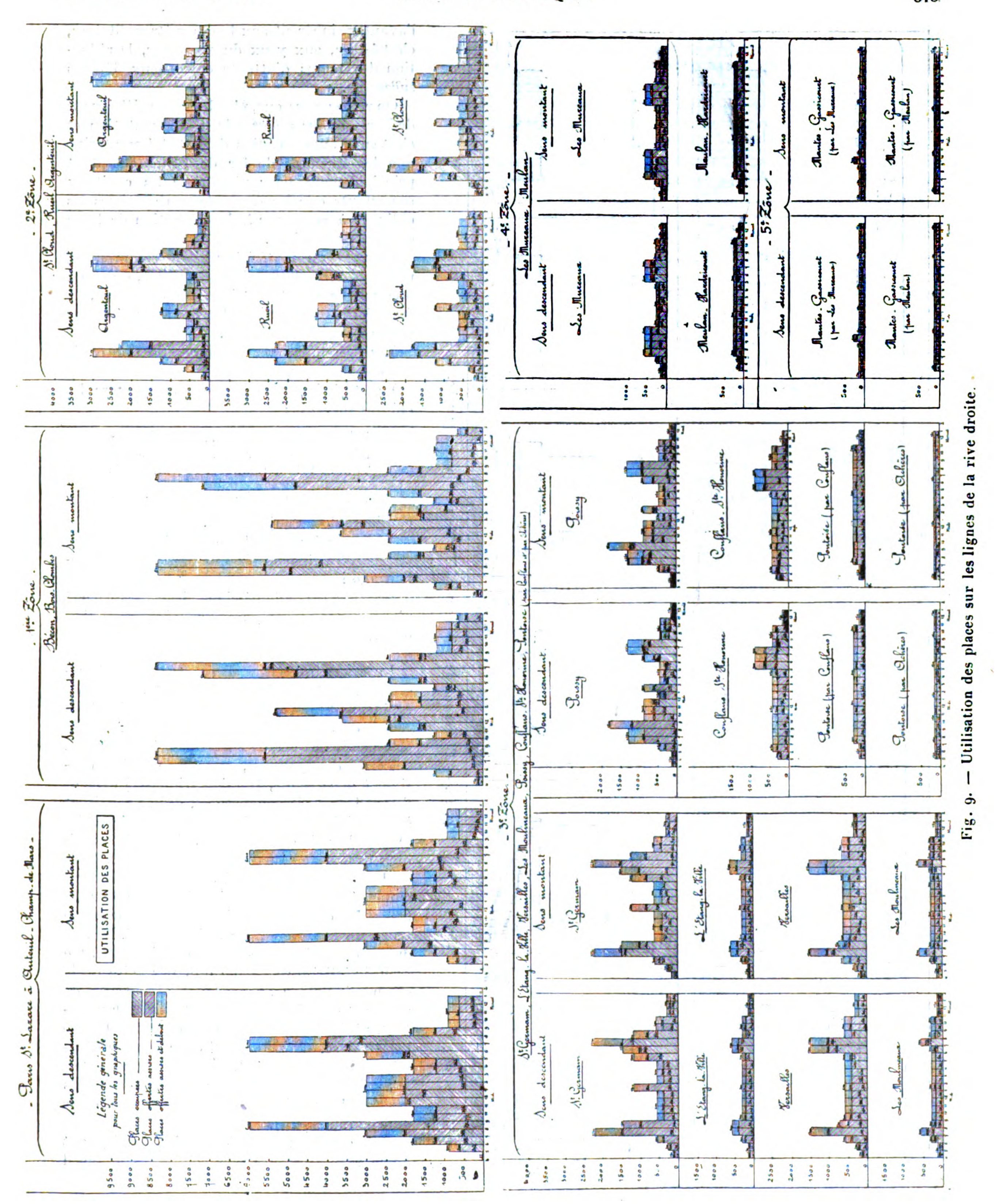


Fig. 9. — Utilisation des places sur les lignes de la rive droite.

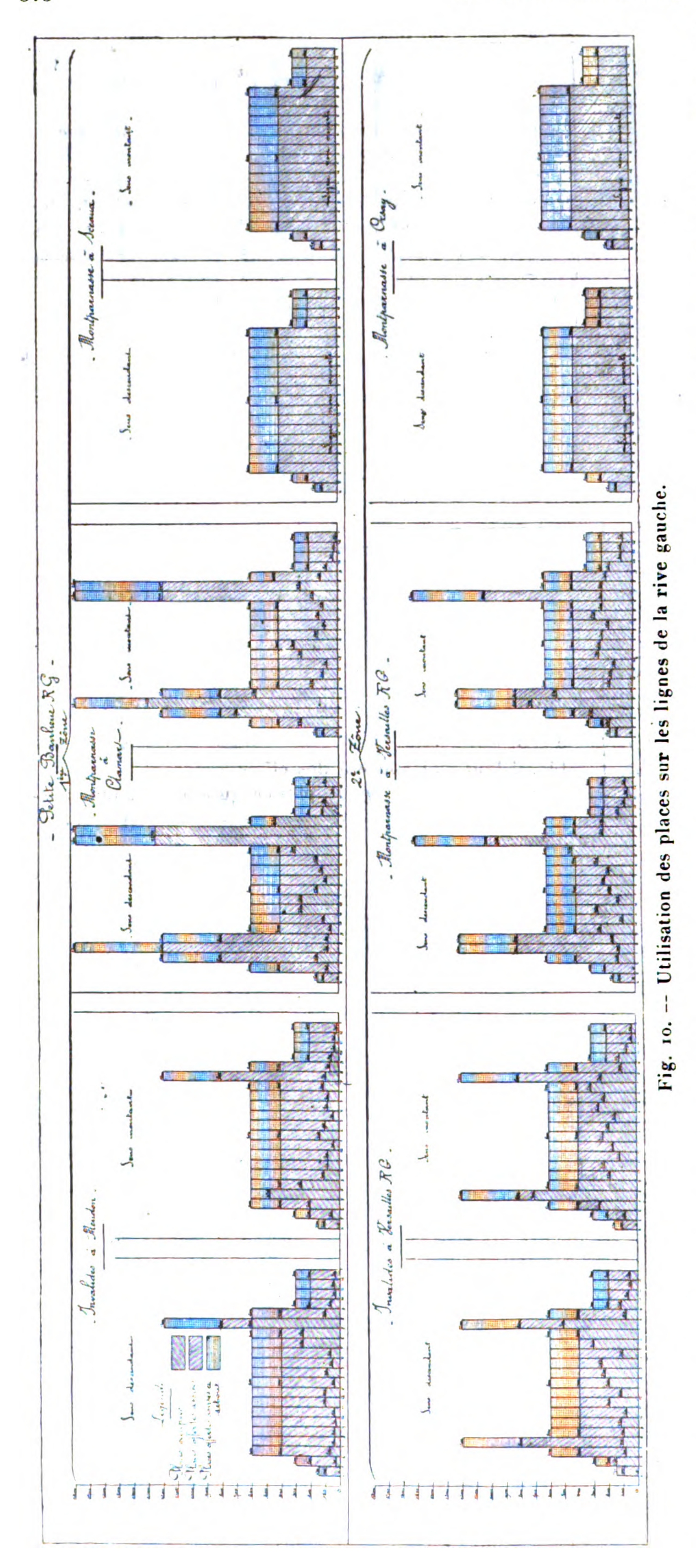


Fig. 10. -- Utilisation des places sur les lignes de la rive gauche.

l'avantage inhérent aux lignes métropolitaines, c'est-à-dire, aux yeux du voyageur, la réduction des temps d'attente entre deux départs successifs.

On remarquera que, plus les zones s'éloignent de Paris, moins est grande la fréquentation et c'est sur l'augmentation de cette fréquentation que les Chemins de fer de l'État comptent principalement pour rémunérer les capitaux importants que les circonstances spéciales les obligent à consacrer à l'amélioration de leurs services de banlieue.

Le parc du matériel roulant comprendra, une fois toute la banlieue électrifiée, de 450 à 500 voitures automotrices, en comptant, le matériel nécessaire pour les services spéciaux : courses, grandes eaux, etc.

Il représentera une puissance de l'ordre de 300 000 chevaux.

La statistique des parcours comportera les chiffres suivants :

Kilomètres-trains......	20 millions
Kilomètres-voitures....	27 »
Tonnes kilométriques..	2 milliards

Le parcours des trains sera trois fois plus considérable qu'aujourd'hui.

Par le jeu des zones, le nombre de places utiles offertes sera cinq ou six fois plus grand qu'aujourd'hui.

Le tonnage kilométrique brut transporté n'augmentera guère, au contraire, que d'un quart.

Le choix du système de traction électrique. — Il convient maintenant d'examiner rapidement les divers systèmes de traction électrique en usage et de motiver le choix auquel les Chemins de fer de l'État ont été conduits.

Parmi ces systèmes, certains (traction continue à deux ponts, traction triphasée) exigent l'emploi de trois conducteurs, qui se réduisent à deux si l'on suppose le retour effectué par les rails de la voie de roulement. Ils ont été appliqués avec grand succès dans certains cas. Nous citerons le Nord-Sud qui a très heureusement employé le courant continu à deux ponts de 600 volts chacun, en utilisant comme conducteurs, un fil aérien et un troisième rail, la voie même de roulement servant de fil neutre. On a ainsi réalisé un système qui, par suite de la suppression pour ainsi dire des courants de retour et des différences de potentiels en résultant, n'offre aucun danger en ce qui concerne l'électrolyse. On peut aussi citer nombre d'applications du triphasé et, parmi les plus récentes, le Simplon et le Mont-Cenis (deux conducteurs aériens, le troisième formé par les rails de la voie de roulement).

Mais ces deux systèmes, on le conçoit, sont d'une réalisation des plus complexes quand il

s'agit de la traversée de gares et de bifurcations importantes.

Le triphasé, d'ailleurs, ne se prête guère aux mises en vitesse très rapides et il n'est nullement au point en ce qui concerne les unités multiples.

Les autres systèmes n'emploient que deux conducteurs dont l'un est, dans presque tous les cas, constitué par la voie courante.

Parmi ces systèmes il convient de distinguer : le système à courant monophasé; le système à courant continu.

Le monophasé permet très facilement l'emploi sur la ligne de travail de hautes tensions : on peut donc utiliser une distribution aérienne légère.

Le continu, si l'on emploie les tensions normales de 500 à 700 volts, se réalise, au contraire, avec un conducteur lourd en acier et au niveau du sol. Si l'on emploie des tensions plus élevées, 1200, 1500 et même 2000 volts, que la construction moderne des moteurs permet d'aborder sans trop de difficultés, ou bien on doit utiliser une ligne aérienne qui devient, pour les gros trafics, assez lourde, et par conséquent chère et disgracieuse, ou bien il faut chercher à installer son conducteur au voisinage du sol.

M. Mazen est très porté à croire que le jour est proche où une solution satisfaisante interviendra dans cet ordre d'idées, bien que cela ne soit pas sans présenter certaines difficultés. Mais comme aucune installation n'a encore été réalisée dans ce sens, c'est donc, en réalité, entre le monophasé et le continu à la tension normale de 600 à 700 volts qu'on a eu à choisir puisqu'on ne voulait, en aucun cas, faire école.

Avec le premier (monophasé), simplification notable de la distribution par l'emploi de transformateurs statiques au lieu et place des sous-stations avec commutatrices tournantes, de là économie de personnel et meilleur rendement, suppression des inconvénients de l'électrolyse.

Avec le second (courant continu), équipement des voitures beaucoup plus léger, moins encombrant, mises en vitesse plus rapides, meilleur rendement des moteurs d'essieu et, finalement, pour le cas qui nous occupe, moindre consommation d'énergie par tonne utile transportée.

Au point de vue sécurité, le continu permet d'éviter d'avoir à faire monter les courants principaux au-dessus du plancher des voitures.

Il supprime tous les inconvénients pouvant résulter, en particulier à la traversée des grandes gares et bifurcations, de la ligne aérienne (en cas de déraillement, renversement des poteaux, chute de plusieurs lignes parallèles, etc.).

Protection contre la foudre beaucoup plus facile à établir qu'avec la ligne aérienne du monophasé.

Comparé, au point de vue économique, au monophasé, à l'occasion de nombreuses études récentes de lignes, il est vrai à assez gros trafic, le continu a montré, à tous les points de vue, une réelle supériorité.

Sans chercher à en approfondir trop longuement les causes, M. Mazen fait seulement remarquer les faits généraux suivants :

Les installations fixes du monophasé sont moins chères que celles du continu (sous-stations et voies); au contraire, les équipements du matériel roulant sont de poids et de prix plus élevés.

On conçoit donc que plus la densité du trafic augmente, plus le continu prend l'avantage.

Il en est de même des dépenses d'exploitation, les installations étant de mieux en mieux utilisées et la dépense d'énergie par tonne utile transportée étant plus faible avec le courant continu qu'avec le monophasé, à cause, en particulier, du poids des équipements.

M. Mazen ne va pas toutefois jusqu'à dire, comme il l'a entendu répéter au dernier Congrès des Chemins de fer à Berne, en 1910, que le système monophasé est celui qu'on doit employer lorsqu'on a perdu tout espoir de voir son trafic augmenter. Il l'a, en effet, lui-même utilisé dans certains cas et il est incontestable qu'il a vraiment son champ d'action. Mais on ne saurait trop répéter qu'il ne s'applique pas à tous les cas, et celui qui nous occupe paraît être de ceux auxquels il ne convient nullement.

Un mot maintenant au sujet de l'électrolyse.

Les soins pris dans l'entretien de la voie de la ligne des Invalides à Versailles rive gauche (rail de 46 kg au mètre surélevé par un coussinet, bon état du ballast dont l'affleurement est toujours maintenu au-dessous du plan supérieur des traverses) ont eu pour résultat, depuis 12 ans que cette ligne est ouverte, de prévenir tout désordre.

Dans les lignes à équiper où le trafic est plus considérable, il faut s'attendre à des effets plus rapides et plus importants. Il y a lieu de penser qu'avec un bon établissement et un bon entretien de la voie, on limitera les défauts.

Par contre, il faudrait, en ce qui concerne le monophasé, mettre en balance les difficultés, non encore aplanies, qu'il donne pour les transmissions télégraphiques et téléphoniques.

Pour l'ensemble de toutes ces raisons et comme, pour la plupart des sections, la densité du trafic est déjà fort élevée et ne fera que s'accroître, les Chemins de fer de l'État, ne voulant nullement faire école, ont adopté le courant continu à 650 volts. Ce système est sanctionné par une longue pratique, il est sûr et, dans le cas présent, il est certainement moins cher.

Nos voisins les Anglais, gens pratiques, viennent tout récemment, après l'application d'ailleurs fort intéressante faite par le London-Brighton du courant monophasé sur quelques lignes du sud de Londres, d'adopter, comme les Chemins de fer de l'État, le courant continu 650 volts pour l'ensemble des lignes de la banlieue de Londres.

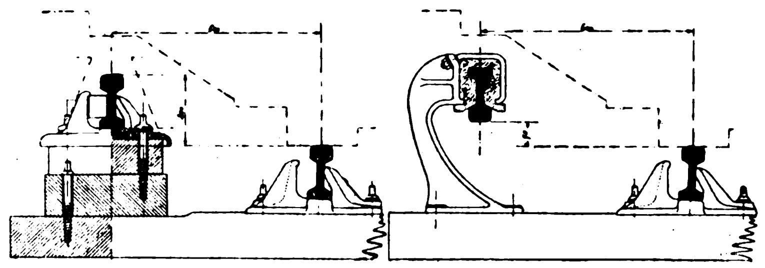
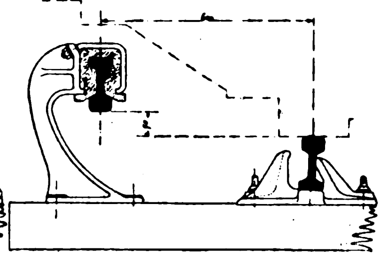
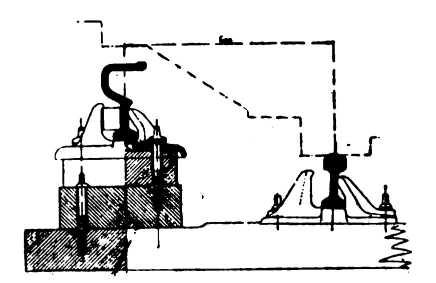
Nous devons ajouter que tout ce qui existe à Paris en fait de grosse traction : Métro, Nord-Sud, Orléans (Orsay-Juvisy), État (Invalides-Versailles, rive gauche) est établi en courant continu 650 volts.

Les installations électriques. — Dans ces conditions, l'ensemble des installations doit alimenter 400 à 500 voitures automotrices à courant continu à 650 volts amené par un troisième rail latéral à la voie, celle-ci servant de conducteur de retour.



Ce courant est fourni par des sous-stations recevant l'énergie sous forme de courant alternatif triphasé, 25 périodes, 15 000 volts, des usines de production.

Dans le but de remédier aux inconvénients du verglas, on a prévu un rail conducteur avec prise de courant par en dessous (*fig.* 11). Ce rail pèse 76 kg au mètre. Il est porté par des supports en bois paraffiné d'un type analogue à celui des Invalides à Versailles, rive gauche.

Type Invalides-Versailles. Type New-Yok Central. Type de la banlieue R. D.

Fig. 11. — Rail conducteur.

Les voitures prennent le courant par un frotteur spécial (*fig.* 12) dit universel, organisé pour capter l'énergie à volonté sur le dessus du rail ou par en dessous.

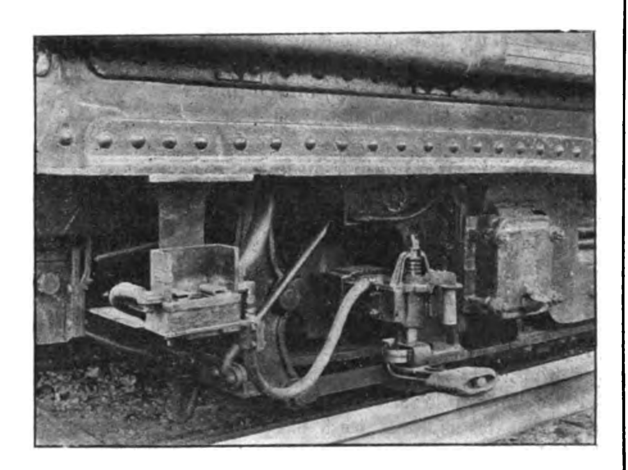


Fig. 12. — Frotteur universel.

Les sous-stations placées aux points indiqués sur la carte (*fig.* 13) et, de préférence, aux bifurcations, comprennent des commutatrices de 1500, 1000 et 750 kw, suivant leur importance. Leur distance varie de 3 à 8 km suivant l'intensité du trafic. Presque partout elles servent en même temps à l'alimentation en énergie de la gare ou du faisceau des gares les plus proches. La figure 14 donne un exemple de sous-station.

Un système de réglagle très intéressant permet de faire varier dans une certaine mesure la tension du courant continu et de supprimer aux heures creuses quelques sous-stations.

Le démarrage des commutatrices se fait partout par l'alternatif.

Les sous-stations sont alimentées par un réseau de câbles triphasés souterrains de 15 000 volts, 25 p : s.

La tension de 15 000 volts a été choisie en raison de l'emploi de câbles souterrains, des distances à franchir, et aussi de manière à pouvoir faire des prises d'énergie le long des câbles sans installations trop dispendieuses, le réseau étant très compliqué.

Ce réseau est, bien entendu, double, afin d'avoir toute sécurité.

L'énergie sera fournie par deux usines dont la construction et l'exploitation ont été confiées tout dernièrement, à la suite d'une adjudication publique, à un syndicat industriel suivant un cahier des charges qui donnera l'énergie électrique à l'État, lorsque les usines seront entièrement terminées, à raison de 0,05 fr environ le kilowatt-heure, toutes charges comprises.

Les deux usines, composées d'unités de 5000 kw à turbines, seront placées l'une aux Moulineaux, et l'autre à Bezons, sur le bord de la Seine (*fig.* 13).

Elles auront, une fois l'ensemble des installations réalisé, une puissance de l'ordre de 60 000 kw et fourniront à l'État plus de 100 millions de kilowatts-heure par an.

Le cahier des charges pour la fourniture de ce courant a prévu également l'utilisation éventuelle par l'État de l'énergie venant soit du Rhône, soit des mines du Nord.

Il ne faut pas oublier que Bezons n'est qu'à 170 km de Lens.

Il y a donc tout lieu de penser que nous verrons, à bref délai, les mines du Pas-de-Calais réunies aux chutes du Rhône par un réseau de canalisations passant par Paris et dans lequel les variations à la fois dans les divers points de la production de l'énergie et de sa consommation feront osciller les sens du transport suivant les saisons et même les heures de la journée, pour arriver finalement à la meilleure économie générale.

Comme installations accessoires, nous citerons toute une série de remisages et, enfin, un atelier de grosses réparations prévu à la Garenne-Bezons et spécialement affecté au matériel électrique.

Cet atelier, actuellement en construction, pourra recevoir à la fois de 40 à 50 voitures et sera muni des engins de levage et de l'outillage le plus moderne et le plus perfectionné.

Une des conséquences, et non des moindres, de l'électrification, sera de permettre de distribuer dans toutes



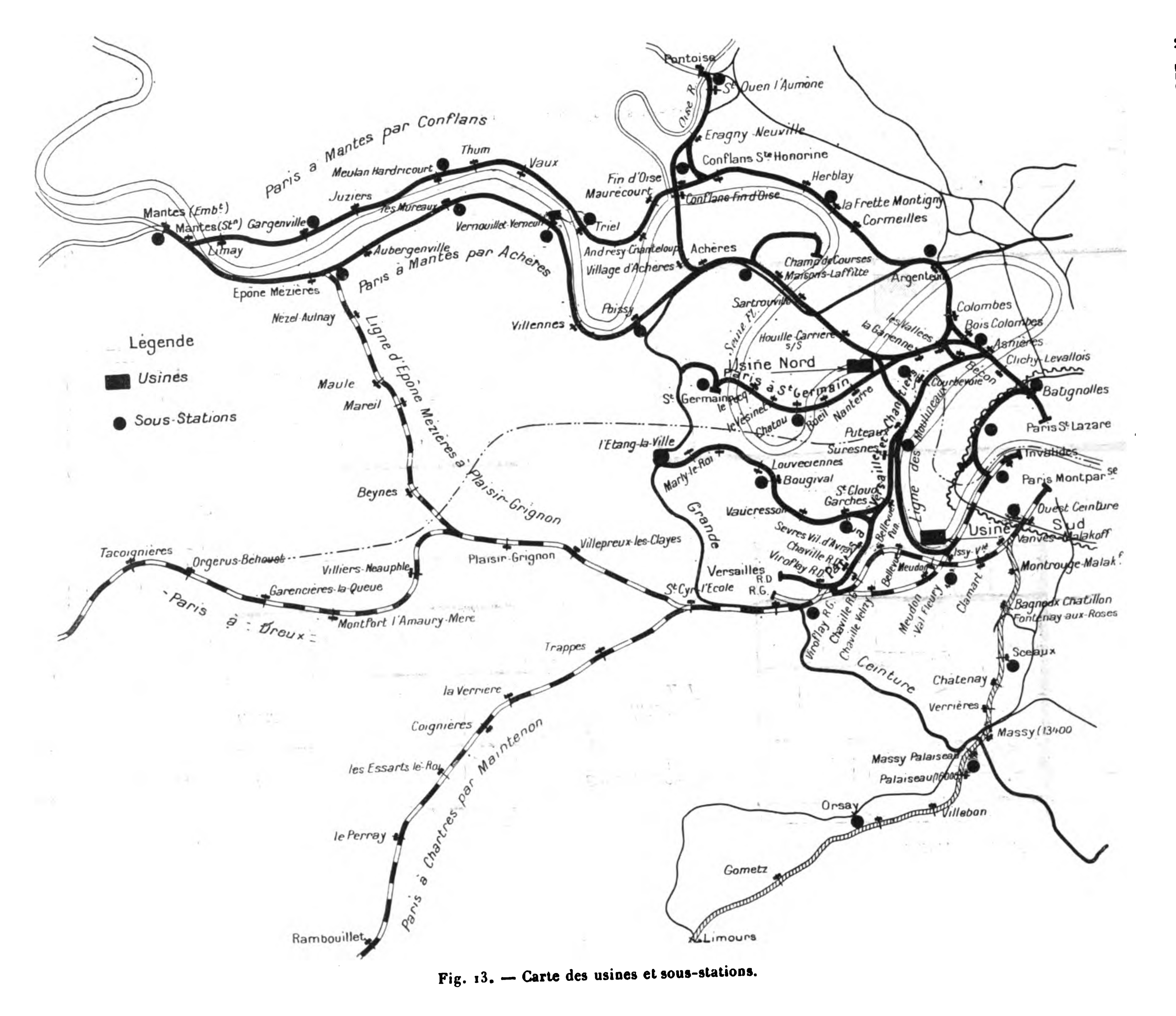


Fig. 13. — Carte des usines et sous-stations.

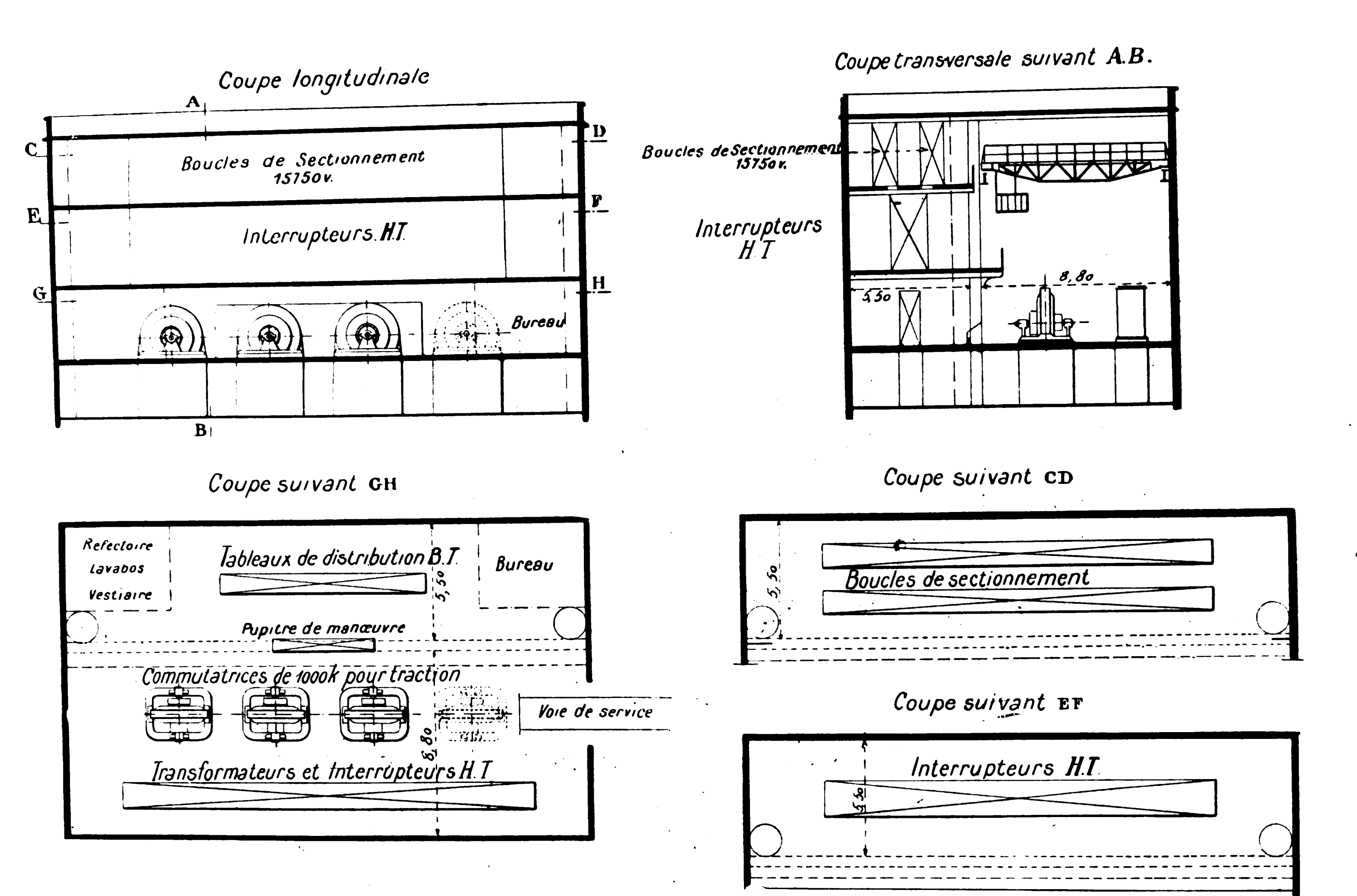


Fig. 14. — Exemple de sous-station.

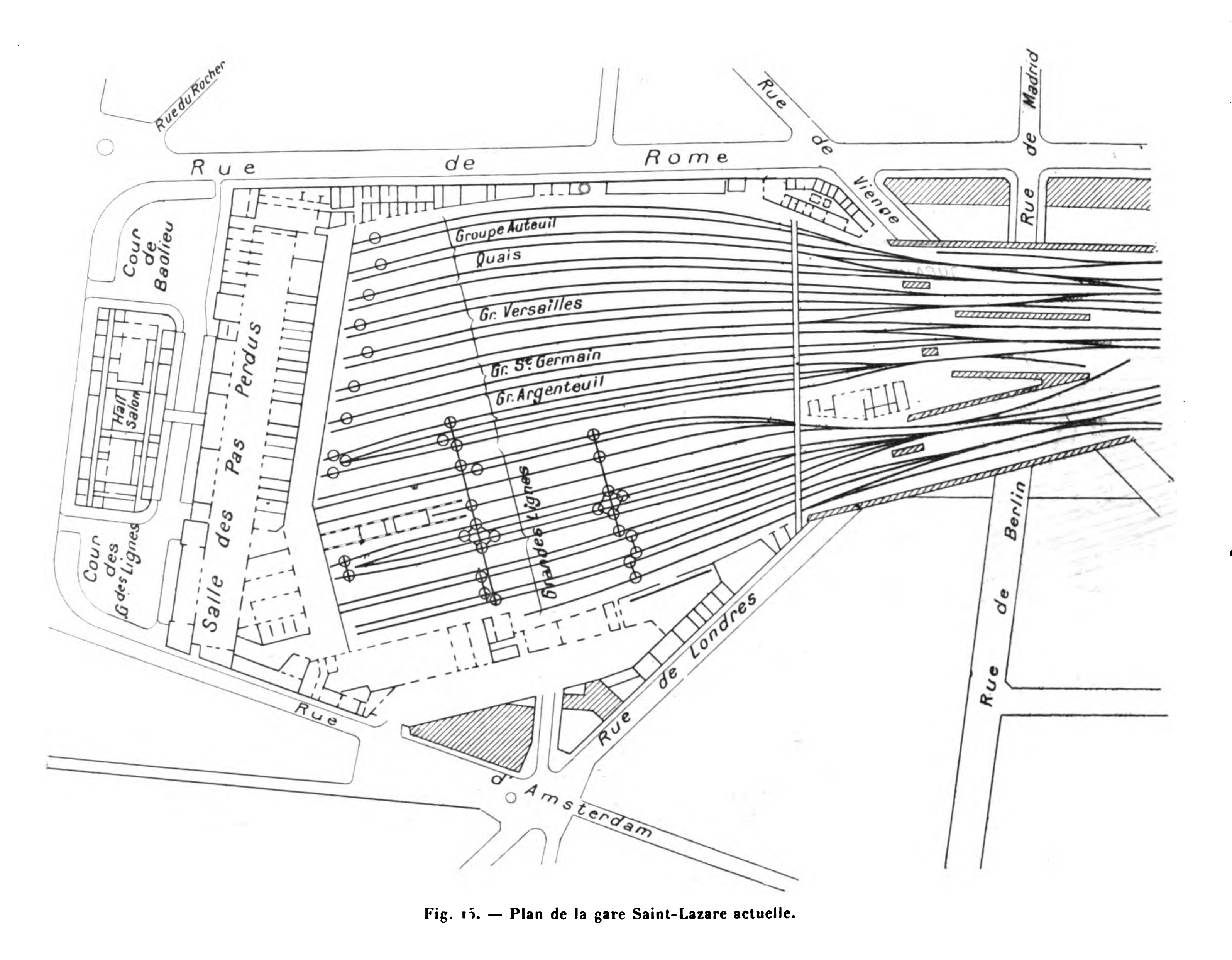


Fig. 15. — Plan de la gare Saint-Lazare actuelle.

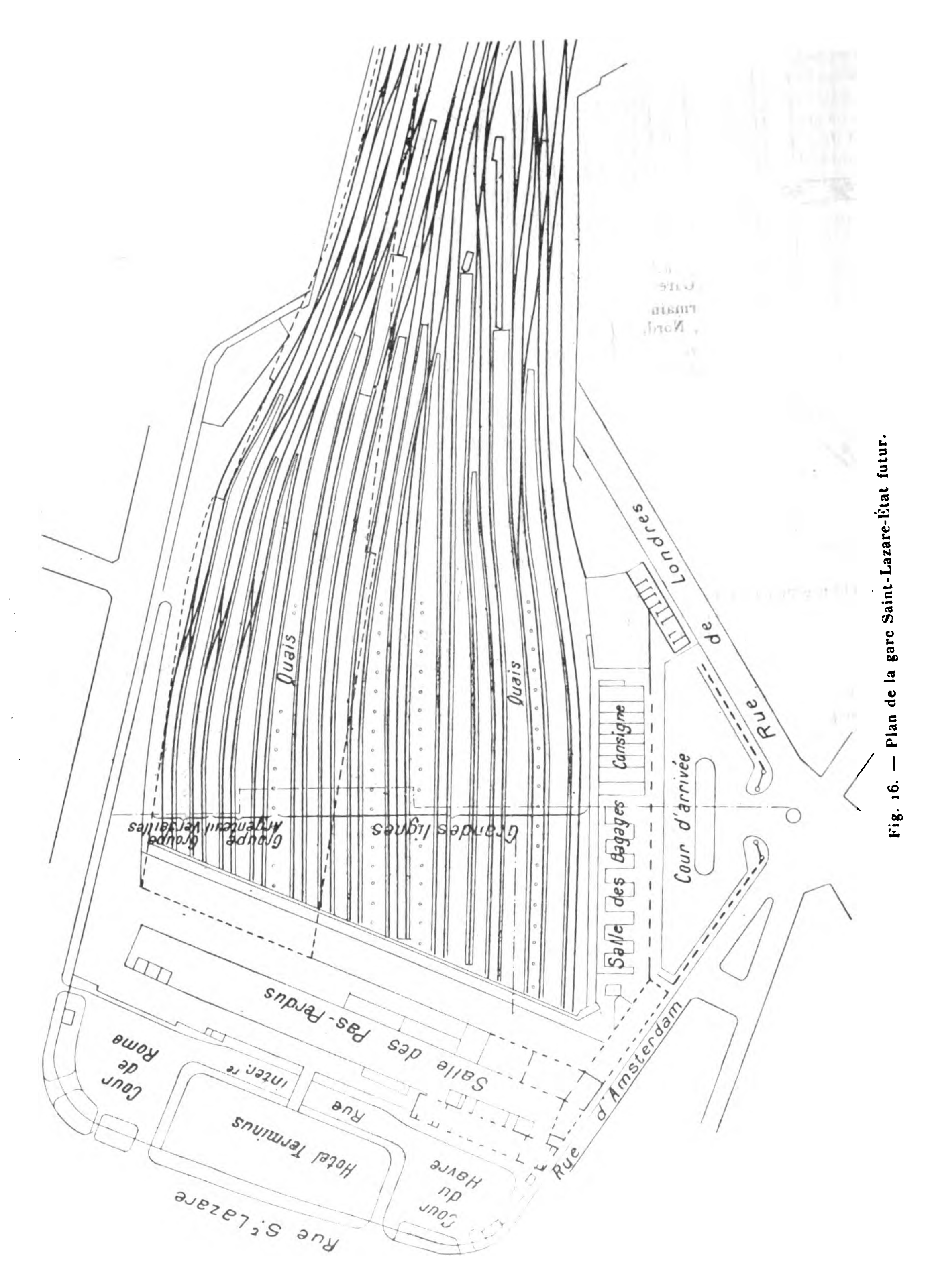


Fig. 16. — Plan de la gare Saint-Lazare-État futur.

les gares de la banlieue l'énergie sous toutes ses formes : éclairage, transport d'énergie, etc., et cela dans des conditions, on le conçoit, des plus économiques.

Les modifications de la gare Saint-Lazare. — La gare Saint-Lazare disposait, avant le commencement des travaux actuellement en cours d'exécution, de 27 voies à quai et de 4 voies de service (*fig.* 15).

En réalité, d'ailleurs, le service se répartit en quatre groupes distincts :

1er *groupe.* Voies 1 à 5.	Auteuil et Invalides.	Voies principales Sud.
2e *groupe.* Voies 6 à 11.	Versailles, Marly Moulineaux, Garenne.	Voies principales Centre.
3e *groupe.* Voies 12 à 16.	Saint-Germain Argenteuil, Nord.	Voies principales Nord.
4e *groupe.* Voies 17 à 27.	Mantes, Grandes lignes.	

Depuis le mois de juillet dernier, 2 voies nouvelles ayant été ouvertes à la circulation entre Paris et Bécon, on a pu obtenir une nouvelle répartition qui a permis de décharger, en particulier, les voies principales Nord.

Suivant les saisons le nombre de circulations (trains entrant et partant) varie, par 24 heures, de 1000 à 1200, en sorte que chaque voie à quai reçoit et expédie une moyenne de 45 trains par jour. Les voies de banlieue entrent dans ce chiffre pour 60 circulations alors que celles de grandes lignes ne dépassent guère 10 à 12 trains.

En outre, tandis que les quais de banlieue servent indistinctement au départ et à l'arrivée, ceux de grandes lignes sont, en principe, spécialisés, les deux ou trois derniers (côté Amsterdam) servant spécialement à l'arrivée.

Un examen minutieux du service a montré qu'il convenait de disposer de 32 quais, au lieu des 27 existants, si l'on voulait pouvoir assurer dans des conditions satisfaisantes le service actuel et parer, pendant un laps de temps suffisamment long, à l'augmentation incessante du trafic.

L'utilisation de ces 32 quais s'établit de la manière suivante :

		Quais.
Auteuil, Champ-de-Mars	2 directions, 20 départs à l'heure	4
Versailles, Saint-Cloud, Marly, Moulineaux	4 directions	4
Saint-Germain, Rueil, Bécon	3 directions	4
Argenteuil, Bois-Colombes	2 directions	4
Mantes et Pontoise	4 directions	4
Grandes lignes	8 départs, 4 arrivées	12 (1)
	Total	32

Or pour arriver à obtenir des trottoirs suffisamment larges et d'une longueur suffisante pour les trains de grandes lignes (300 m) on n'a pu, aux lieu et place de des 27 quais actuels, en loger seulement 24.

Il a donc fallu recourir à une gare souterraine dans laquelle il a été prévu 8 quais.

Ces 32 voies à quais (*fig.* 16) aboutissent à 7 lignes ou 14 voies principales, dont 5 à l'air libre et 2 en souterrain. Pour loger les cinq lignes à l'air libre on a été conduit à prévoir l'enlèvement du souterrain triple et maintenant quadruple de Batignolles.

Cet enlèvement se justifie, en particulier, par l'obligation de créer à Saint-Lazare une avant-gare dans laquelle s'effectueront les liaisons entre les différents groupes de voies.

L'absence des liaisons a été l'une des causes principales des difficultés d'exploitation qu'on a rencontrées dans ces dernières années pour l'exploitation de la gare Saint-Lazare.

De grandes bretelles permettront, en cas de service spécial, d'affecter, pour ainsi dire, n'importe quelle voie à n'importe quel service, au moins momentanément.

Toutes les voies de petite et de grande banlieue recevront l'équipement électrique et tous les quais seront à 0,850 m au-dessus des voies comme au Métropolitain et au Nord-Sud; on facilitera ainsi beaucoup le service des voyageurs et aussi des bagages.

Tous les quais se trouveront allongés et élargis.

Ajoutons que la poste disposera, pour son service, d'un quai spécial.

Les huit voies de la gare souterraine (*fig.* 17) seront à la cote de 28 m, soit environ 10 m, au-dessous des rails de la gare actuelle et 5 m au-dessous des cours du Havre et de Rome.

Ces voies seront à 3 m au-dessus du Métropolitain et 7 m au-dessus du Nord-Sud.

Ce niveau permet, étant donnée surtout la présence d'un seuil en avant de la gare Saint-Lazare, de n'avoir rien à craindre en cas d'inondation.

Il y aura bien entendu communication directe entre le Métro et le Nord-Sud.

La gare Saint-Lazare ainsi constituée sera considérée, tant pour la banlieue que pour la grande ligne, comme une gare de passage et, par suite, on reportera toutes les manœuvres de formation et de déformation des trains, tous les tournages, chargement et alimentation des locomotives, dans les gares extérieures terminus et autres, et dans les dépôts. En un mot le tout sera combiné pour utiliser au maximum l'espace si mesuré et si précieux de cette gare qui est la plus centrale de Paris.

Services de la gare. — Un remaniement aussi important des voies et des quais a, naturellement, conduit à une réorganisation à peu près complète des services du départ et de l'arrivée.

Ce qu'on a cherché surtout à obtenir, c'est la suppression de tout transport de bagages et de messageries au niveau des quais.

Cela a conduit à prévoir des dispositions nouvelles pour cette manutention en l'organisant mécaniquement.

On a voulu également élargir beaucoup les services de l'arrivée en améliorant les accès de la gare de ce côté, accès à l'heure actuelle absolument insuffisants.

C'est dans ces conditions que les installations nouvelles

(1) Dont deux servant dans deux sens.

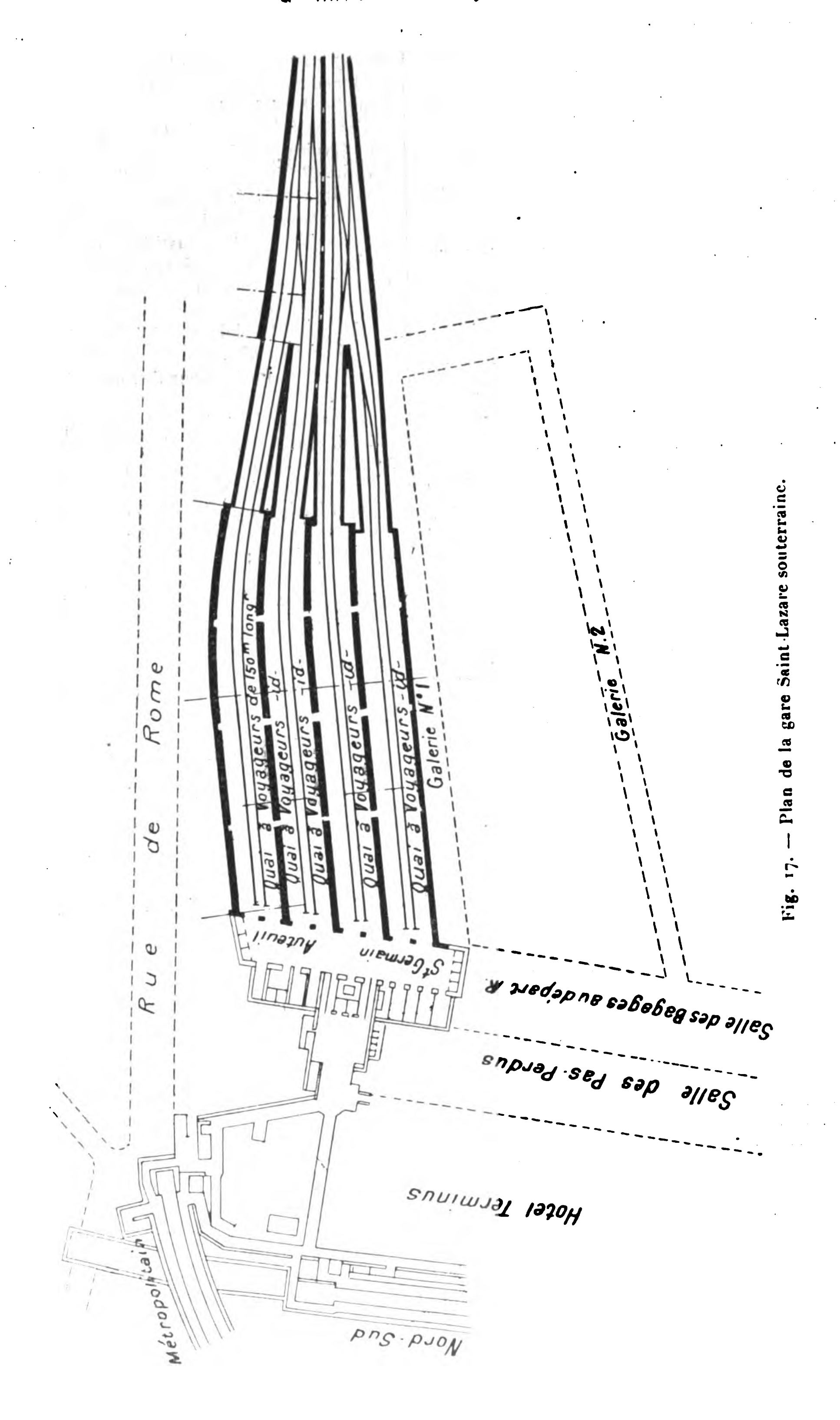


Fig. 17. — Plan de la gare Saint-Lazare souterraine.

ont été prévues, et que leur organisation s'effectue en ce moment. Nous allons les examiner rapidement.

Rien ne sera changé au principe actuellement admis pour le service du départ des voyageurs de banlieue. Des accès nouveaux permettront d'arriver aux quais de la gare souterraine.

Pour les grandes lignes, le voyageur descendant de voiture au pavillon d'Amsterdam, se rendra directement à la salle de pesage, très agrandie par retournement des escaliers, et muni de sa fiche de pesée il montera directement à la salle des Pas-Perdus où se fera la distribution des billets et l'enregistrement des bagages par bureaux accolés.

Pour le service des bagages de la banlieue, l'organisation actuelle est améliorée et organisée pour desservir les quais souterrains.

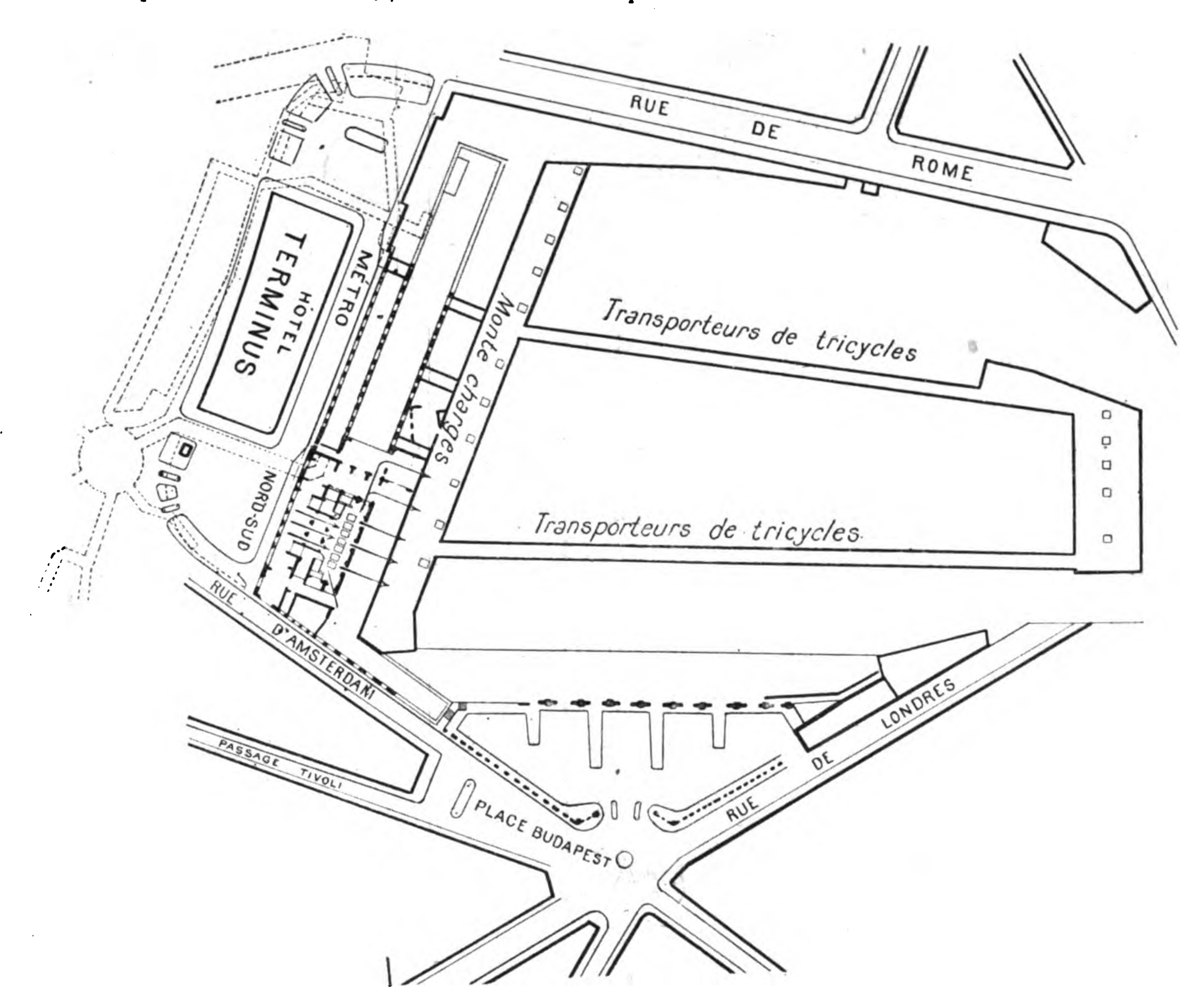


Fig. 18. — Gare Saint-Lazare. Bagages au départ.

Pour les grandes lignes, les bagages pris au trottoir de la cour du Havre sur des tricycles passent au pesage et vont de là dans une immense salle longitudinale, dite *salle d'arrière*, dans laquelle ils sont classés en colis à charger à l'avant des trains et colis à charger à l'arrière et, enfin, par direction (*voir* figure 18).

Toute une ligne de monte-charges électriques élèvent de là, directement aux quais les bagages d'arrière sur tricycles qui sont immédiatement roulés auprès de leurs fourgons respectifs et chargés aussitôt.

Les bagages d'avant quittent la salle d'arrière, et les tricycles sont pris par deux trottoirs roulants électromécaniques, placés dans deux galeries, et sont transportés jusqu'à une deuxième salle, dite salle d'avant.

Là s'effectue un nouveau triage par direction et les tricycles sont pris par des monte-charges qui les élèvent sensiblement au droit des fourgons de tête des trains.

Les tricycles vides sont repris en sens inverse par les monte-charges et par deux autres trottoirs roulants, et reviennent ainsi à leur point de départ.

Les deux salles d'avant et d'arrière ont été prévues avec de larges dimensions afin de permettre d'emma-

gasiner les bagages enregistrés à l'avance sans encombrer les quais.

La salle d'arrière est, comme on peut le voir, déjà en service ainsi que toute l'organisation de l'enregistrement des bagages.

La salle d'avant sera, on l'espère, prête pour le prochain service d'été.

Pour l'arrivée des voyageurs banlieue et grandes lignes sans bagages, rien de changé; pour les voyageurs grandes lignes avec bagages, le service est entièrement remanié.

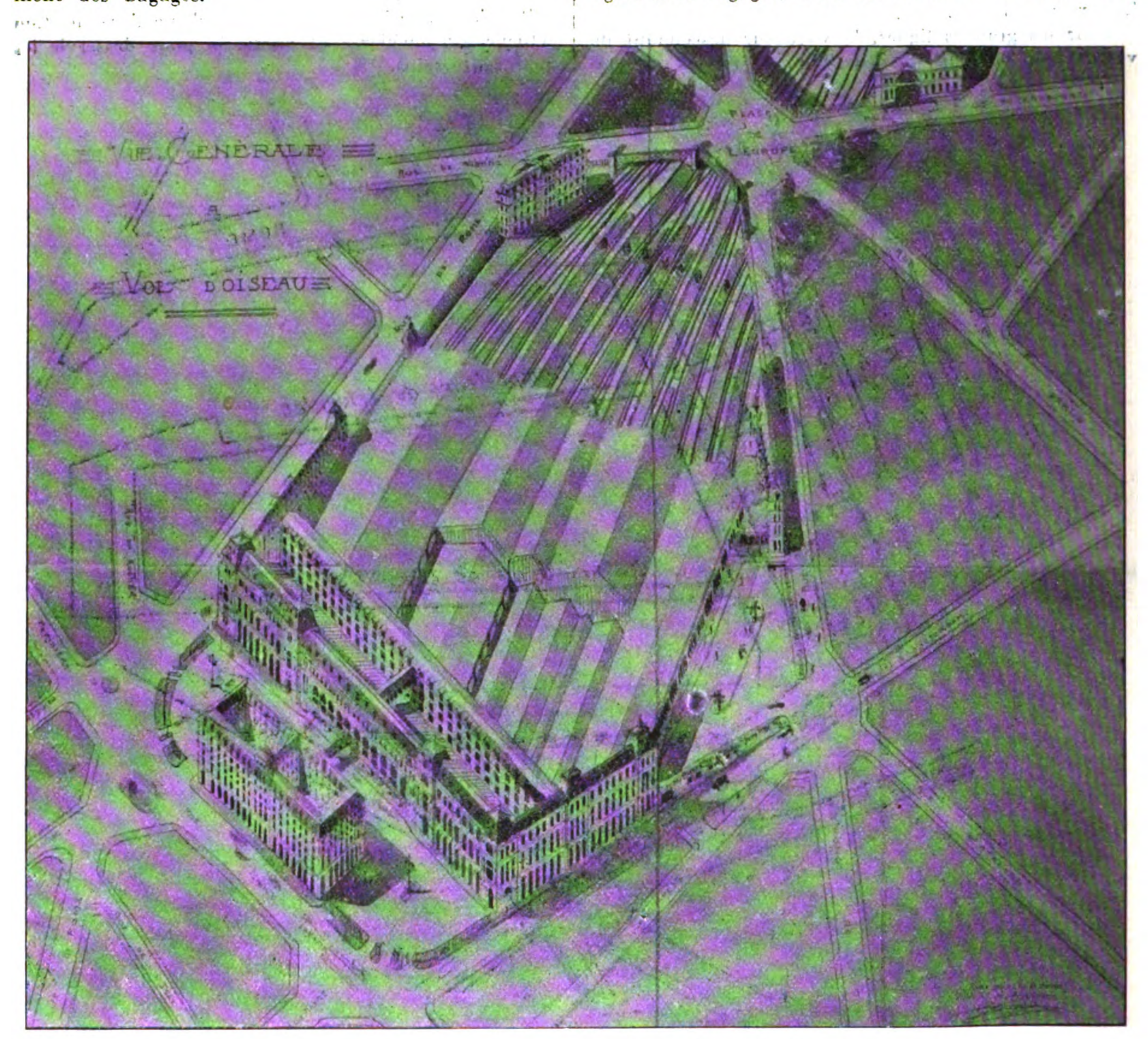


Fig. 19. — Vue à vol d'oiseau de la nouvelle gare Saint-Lazare.

Le reproche fait à l'organisation actuelle du service des bagages porte surtout sur l'obligation de brouetter les bagages le long des quais pour les ramener à une salle de distribution placée le long de la première voie (côté Amsterdam); le premier quai est ainsi le seul commode.

Pour obvier à cette critique, on organise sous chaque quai d'arrivée un transporteur à toile sans fin, analogue à celui de la gare du quai d'Orsay, avec trappes disposées au droit des divers fourgons.

Tous ces transporteurs apportent les bagages sur un banc mobile placé dans la salle arrière. Ce banc mobile les conduit, par l'intermédiaire de deux nouvelles toiles, à la salle de distribution des bagages placée au premier étage.

Le niveau de cette salle a été commandé par l'obligation de créer une cour nouvelle d'arrivée plus spacieuse que la cour actuelle et d'un accès plus facile.

On a pu réaliser ainsi l'accès direct de la place Budapest et obtenir des locaux dont la surface est très largement augmentée par rapport à ce qui existe.

Fig. 20.

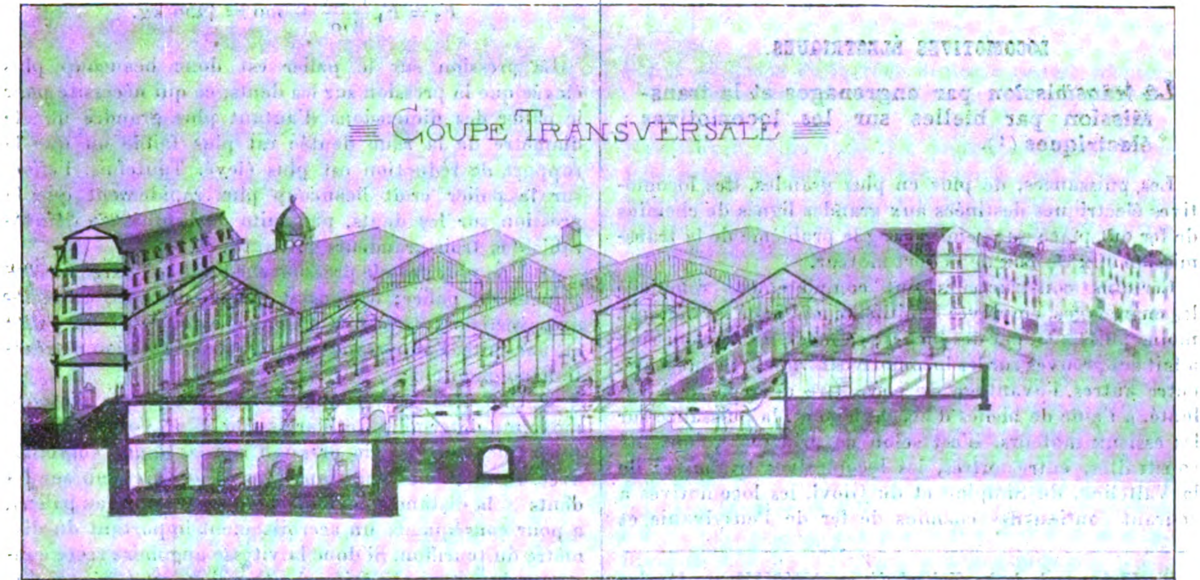


Fig. 21.

Ajoutons que les colis transportés mécaniquement arrivent finalement sur un banc mobile qui court tout du long des bancs de distribution, ainsi que cela est maintenant de pratique courante dans les gares modernes.

Les anciens locaux et la cour de l'arrivée trouvent leur utilisation pour les services de douane, beaucoup trop à l'étroit.

Tous les mouvements d'échange se feront par les deux salles de bagages au départ (avant et arrière).

Pour être complets, nous signalerons enfin la création d'un nouveau bâtiment à deux étages pour les messageries, avec monte-wagons de 25 m et de 75 tonnes, permettant de manutentionner tous les véhicules.

Ce bâtiment, dont le premier étage ne sera que le prolongement de la messagerie actuelle, communiquera au second étage de plain-pied avec le boulevard extérieur. Il quintuple l'espace consacré actuellement à la messagerie, beaucoup trop restreint. Pour donner une idée de son importance, il suffira de dire que le bâtiment actuel reçoit plus de 6 millions de colis postaux par an.

La figure 19 montre une vue à vol d'oiseau de la nouvelle gare Saint-Lazare; les figures 20 et 21 en indiquent les coupes longitudinale et transversale.

Les travaux déjà réalisés ont, en particulier, permis de mettre en service au 1er juillet 1912 deux voies nouvelles d'accès à Saint-Lazare, ce qui a eu pour résultat d'améliorer immédiatement le service.

Dans le dernier trimestre de 1911 le nombre des trains de grandes lignes arrivant en gare Saint-Lazare avec un retard supérieur à 15 minutes a été de 20 pour 100 environ et, pour le dernier trimestre de 1912, ce chiffre passait à 3 pour 100, sept fois moins de retard.

Pour la banlieue l'amélioration est encore plus importante et bientôt, il faut l'espérer, le dicton qui s'était établi à cet égard ne sera plus qu'une légende.

T. Pausert.

LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES.

La transmission par engrenages et la transmission par bielles sur les locomotives électriques [1].

Les puissances, de plus en plus grandes, des locomotives électriques destinées aux grandes lignes de chemins de fer ont placé au premier rang le problème de la transmission aux essieux de l'effort moteur.

Certains constructeurs ont complètement remplacé les engrenages, employés habituellement avec les moteurs moins puissants, par des bielles; ce mode de transmission a fait ses preuves sur les locomotives à vapeur; il présente, entre autres, l'avantage de permettre de répartir à volonté, à l'aide de bielles d'accouplement, la puissance sur les essieux moteurs. C'est selon ce principe qu'ont été construites, entre autres, les locomotives triphasées de la Valteline, du Simplon et du Giovi, les locomotives à courant continu des chemins de fer de Pensylvanie et certaines des locomotives monophasées d'essai des chemins de fer français du Midi. Sur quelques-unes de ces locomotives on a fait usage de faux essieux intermédiaires.

D'autre part, on a cherché à adapter le moteur à engrenages aux nouvelles exigences de la traction électrique sur les grandes lignes. On s'est efforcé, en particulier, de placer les moteurs au-dessus des essieux, de manière à conserver au centre de gravité une position assez élevée. Certains constructeurs ont adopté une transmission mixte par engrenages et par bielles; c'est ce qui a été réalisé, par exemple, sur les locomotives Jeumont et Westinghouse des chemins de fer français du Midi et sur la locomotive Œrlikon du Lötschberg. Enfin, les locomotives du New-York-New-Haven and Hartford comportent uniquement une transmission par engrenages.

Un des plus importants perfectionnements apportés, il y a 4 ans environ, à la construction des moteurs à engrenages, a été l'emploi de deux paires d'engrenages symétriques pour les grandes puissances. En effet, on avait reconnu que l'emploi d'une seule paire d'engrenages présentait d'assez graves inconvénients. Tout d'abord, par suite de leur trop grande largeur eu égard au nombre de leurs dents, l'usure de ces engrenages était irrégulière. Or, on ne peut descendre pour le nombre des dents audessous d'une certaine limite.

Mais le plus grave inconvénient de l'emploi d'une seule paire d'engrenages est la charge qui en résulte pour les paliers.

Si l'on désigne : 1° par F_1 la pression sur les dents, laquelle, pour un couple donné, est déterminée par le diamètre de la roue dentée (dans l'exemple numérique choisi on suppose cette pression égale à 2900 kg);

2° Par F_2 la pression sur le palier, laquelle se compose de la pression de réaction de F_1 et d'une partie du poids de l'induit (supposée égale à 500 kg), on a la relation :

$$F_2 = F_1 \frac{1100}{850} + 500 = 4250 \text{ kg}.$$

La pression sur le palier est donc beaucoup plus élevée que la pression sur les dents, ce qui nécessite pour le palier des dimensions d'autant plus grandes que le diamètre de la roue dentée est plus faible ou que le rapport de réduction est plus élevé. Toutefois, l'effort sur le palier croît beaucoup plus rapidement que la pression sur les dents, par suite de l'influence défavorable des trois grandeurs suivantes :

1° Une plus grande pression sur les dents exige l'allongement du palier; il s'ensuit que la distance entre les axes verticaux respectifs de la roue dentée et du palier et, par suite, l'importance relative de la pression de réaction augmentent;

2° Une plus grande augmentation de cette distance moyenne détermine un élargissement de l'engrenage;

3° Une plus grande pression sur les dents, combinée avec un moment fléchissant plus élevé (pression sur les dents × la distance moyenne de la roue dentée au palier), a pour conséquence un accroissement important du diamètre du tourillon. Si donc la vitesse angulaire reste constante, la vitesse linéaire du tourillon croît néanmoins ainsi que l'échauffement du palier.

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIV, 27 février 1913, p. 234-237.



La figure 1 représente la coupe schématique d'un moteur à une seule paire d'engrenages et de ses deux paliers. Au point de vue de la construction, les longs coussinets sont mauvais, étant donné que, par suite de la

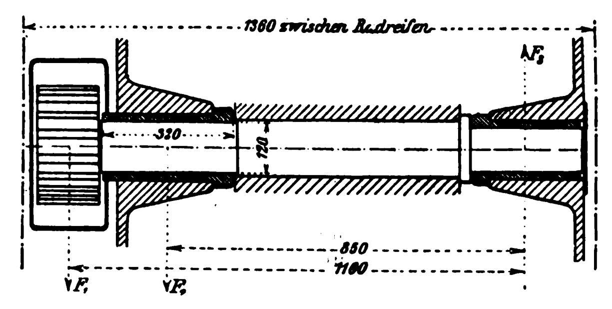


Fig. 1. — Dimensions des paliers d'un moteur de traction à une seule paire d'engrenages. 1360 mm = distance entre les jantes des roues.

longueur de l'épaulement, il est difficile de fixer convenablement le tourillon à l'intérieur du coussinet. En outre, dès que la pression de réaction devient supérieure à la partie du poids de l'induit qui porte sur le palier, cette pression tend à placer l'arbre obliquement par rapport aux paliers; ceci provoque, si le jeu des paliers est assez grand, une répartition inégale de la charge sur ceux-ci.

La grande usure des paliers provoque un fonctionnement défectueux et bruyant des engrenages. On peut remédier partiellement à l'échauffement des paliers par des artifices de graissage et par l'emploi de canaux de ventilation; mais ces artifices provoquent une augmentation sensible des frais d'entretien.

L'emploi de deux paires d'engrenages symétriques (*fig.* 2) permet d'éviter les inconvénients précédents.

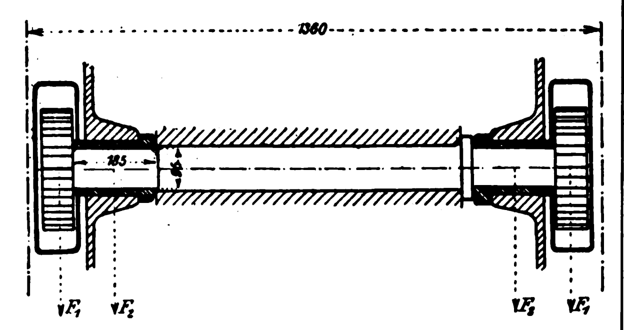


Fig. 2. — Dimensions des paliers d'un moteur de traction à 2 paires d'engrenages symétriques.

On voit que chaque engrenage n'a que la moitié de la largeur de l'engrenage unique de la figure 1. D'autre part, à puissance égale, les efforts se répartissent de la manière suivante :

$F_1 = 1450$ kg;

$F_2 = F_1 + 500$ kg (partie correspondante du poids de l'induit) $= 1950$ kg.

Le diamètre des tourillons décroît comme la racine cubique de l'effort. Dans le cas de la figure 2, les efforts unitaires sur l'arbre et sur les paliers sont les mêmes que dans le cas de la figure 1; toutefois, la vitesse linéaire des tourillons est réduite dans le rapport des diamètres respectifs de paliers, soit de 21 pour 100. Le palier reste plus froid est les avaries sont moins à craindre.

En outre, la surélévation de température se trouve encore réduite, de ce fait que la chaleur engendrée par les frottements des dents se répartit uniformément sur les deux paliers.

Pour répartir également sur les deux engrenages la pression des dents, on a eu recours à plusieurs procédés.

Dans l'une des premières formes de réalisation des moteurs à deux paires d'engrenages, on avait prévu des engrenages cylindriques avec dents obliques, l'inclinaison de ces dents étant symétrique par rapport à l'axe longitudinal de la locomotive. L'induit possédait un jeu axial, de sorte qu'il pouvait se déplacer jusqu'à ce que, à droite et à gauche, les flancs des dents fussent également en prise.

Une autre disposition, représentée schématiquement sur la figure 3, fut employée sur la locomotive New-York-

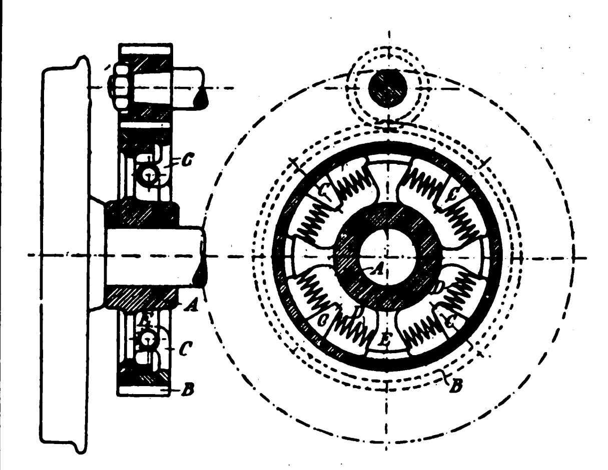


Fig. 3. — Coupe de la roue dentée à ressort adoptée sur les locomotives du New-York-New-Haven-Railroad.

New-Haven, type 1909. La couronne dentée B tourne folle autour du moyeu A. Les tocs E sont fixés à A, les tocs C à B; entre ces deux groupes de tocs sont intercalés des ressorts D, lesquels ont pour effet d'égaliser la pression entre les deux paires d'engrenages. Ce dispositif peut être considéré comme résolvant parfaitement le problème, mais son poids est assez considérable.

Avec l'entraînement par double engrenage, l'arbre du moteur est relativement faible et une légère torsion de celui-ci est admissible, si les surfaces de prise de la roue de droite et de celle de gauche ne viennent pas d'elles-mêmes simultanément en contact; c'est alors l'arbre qui joue le rôle d'équilibreur de charge. L'arbre sur lequel sont calés les grands pignons se comporte de la même manière. D'autre part, le pignon le plus fortement chargé s'usera plus rapidement que l'autre, de sorte que l'équilibre des charges s'établira automatiquement. On peut donc admettre que, si le montage a été effectué à l'atelier avec une assez grande précision, il n'est même pas néces-

saire de prévoir des dispositions spéciales pour obtenir une répartition uniforme de la charge avec la transmission à double engrenage.

Lorsque les vitesses sont élevées, il n'est pas recommandable de monter directement les grands pignons sur l'essieu moteur, ainsi qu'il est indiqué sur la figure 3. Si le poids du moteur est supporté, par l'intermédiaire de ressorts, par le châssis de la locomotive, on ne pourrait ainsi éviter de violents chocs des roues contre les rails. Il est donc préférable de monter les pignons sur un arbre creux, dont les paliers sont fixés à la carcasse du moteur; cet arbre creux entoure l'essieu moteur, mais avec un jeu suffisant pour que le moteur puisse suivre le jeu des ressorts. Pour transmettre le mouvement de l'arbre creux aux essieux moteurs, on a expérimenté un certain nombre de dispositifs et l'on en a proposé un plus grand nombre encore. Tous ces dispositifs présentaient l'inconvénient d'une usure rapide des pièces mobiles insuffisamment protégées contre la pénétration de la poussière et du sable. D'autre part, ces dispositifs causaient des pertes d'énergie. La Westinghouse C° employa un dispositif analogue à celui de la figure 3, mais dans lequel des ressorts hélicoïdaux s'appuyaient, à une extrémité, sur les rais de la roue motrice et, à l'autre extrémité, sur des tocs, fixés à la roue dentée et faisant saillie hors de celle-ci de manière à se trouver dans le plan des rais. La transmission élastique, disposée soit sur la roue dentée, soit sur la roue motrice, a également une influence favorable sur la locomotive et sur le moteur. Tout d'abord, les vibrations dues aux pulsations du couple sont très amorties; ensuite, l'arbre du moteur a déjà tourné d'une certaine quantité avant que la locomotive démarre et plusieurs lames du collecteur sont donc passées sous les balais pendant ce temps. Les détériorations au collecteur et aux connexions, par suite d'une immobilisation trop prolongée du moteur en circuit, sont donc moins à craindre. Enfin, la transmission élastique contribue aussi à prolonger la durée des engrenages; en effet, les chocs violents sont évités et l'entraînement est plus souple.

Le moteur a engrenages avec paliers intérieurs possède encore d'autres avantages. Tout d'abord, il est complètement fermé. D'autre part, en dehors des efforts de traction transmis par les essieux moteurs à la locomotive et de la pression de réaction du couple qu'on peut facilement équilibrer, il ne se produit pas dans la locomotive d'efforts parasites, contrairement à ce qui se passe dans le cas de l'entraînement par bielles avec un seul moteur. En effet, avec cet entraînement, les paliers ne doivent pas faire bloc avec le moteur, mais avec le châssis de la locomotive. Le couple est transmis, par des pressions variables de la bielle, au faux essieu; par suite, les paliers du moteur et du faux essieu doivent être dimensionnés de manière à équilibrer la réaction de ces forces. Ces paliers sont donc très encombrants et, par exemple, pour une locomotive à quatre essieux couplés de 1300 mm de diamètre aux roues motrices et de 270 mm de rayon de bielle, l'adhérence entre la roue et le rail étant d'un tiers, ils pèsent 70 tonnes. D'autre part, il ne faut pas perdre de vue que l'écartement moyen entre le faux essieu et l'arbre moteur doit être invariable, si l'on ne veut pas que les bielles motrices soient soumises à des efforts anormaux, lesquels provoqueraient de violents à-coups sur les paliers. Pour ces diverses raisons et pour d'autres encore, les châssis des locomotives électriques à bielles, ayant à résister à des efforts mécaniques considérables, doivent être renforcés au détriment de leur poids. Au point de vue mécanique, l'emploi de plusieurs moteurs avec transmission par engrenages semble donc préférable à celui d'un seul moteur avec transmission par bielles.

En ce qui concerne le poids des moteurs eux-mêmes, il semble au premier abord qu'un seul moteur de 1000 à 1500 chevaux, comme celui du chemin de fer de Bitterfeld, soit plus léger que l'ensemble de deux moteurs d'une puissance moitié moindre. En effet, la figure 4, qui

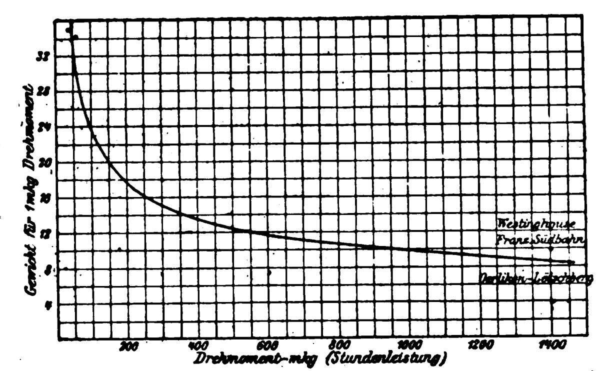


Fig. 4. — Poids des moteurs à engrenages, en fonction de la puissance.

représente la courbe des poids, par mètre-kilogramme du moment du couple, des moteurs électriques de traction en fonction de leur puissance horaire, montre que ce poids décroît rapidement lorsque la puissance individuelle du moteur augmente. Mais, avec la locomotive à bielles, il faut tenir compte des poids de l'arbre du moteur, des paliers, du faux essieu, des manivelles et de l'ensemble des bielles, y compris les masses d'équilibrage, et enfin du poids du châssis (nécessairement plus lourd ainsi qu'il a été dit précédemment, avec la transmission par bielles). D'autre part, l'emploi d'un trop grand nombre de moteurs à engrenages n'est évidemment pas recommandable; à ce point de vue, il peut être parfois avantageux d'employer un moteur à engrenages attaquant deux essieux moteurs par bielles d'accouplement. Toutefois, on peut admettre qu'en général les locomotives munies de moteurs à engrenages, le nombre de ces moteurs étant choisi rationnellement par rapport à la puissance totale, ne sont pas plus lourdes que les locomotives munies d'un seul moteur avec transmission par bielles.

En ce qui concerne le prix de revient individuel des moteurs, un gros moteur à bielles revient sensiblement moins cher que plusieurs moteurs à engrenages de puissance plus faible. Mais, si l'on fait intervenir le prix du faux essieu, des paliers, des pompes de graissage et de l'ensemble de la transmission par bielles et surtout le prix du châssis de la locomotive, on reconnaît que le prix global de la locomotive à bielles est assez élevé. En effet, par suite de leurs dimensions, l'usinage des pièces mécaniques de la transmission par bielles est très onéreux. Par contre, l'usinage des moteurs à engrenages offre de grands avan-

tages au point de vue de l'utilisation des machines-outils. En effet, le même type de moteur à engrenages peut, par une simple modification du rapport de transmission, développer soit un couple puissant, soit une vitesse élevée; par contre, la construction du moteur à bielles dépend essentiellement du but auquel il est destiné. Si l'on tient compte de tous ces facteurs, on peut admettre que, pour les grandes puissances, les locomotives munies de plusieurs moteurs à engrenages reviennent à un prix plutôt moins élevé que les locomotives à un seul moteur et à transmission par bielles.

Au point de vue des frais de surveillance et d'entretien, l'avantage semble encore appartenir aux locomotives munies de plusieurs moteurs à engrenages. En effet, les tourillons des locomotives à bielles, soumis à des efforts considérables, s'usent rapidement et doivent être constamment surveillés. Avec les locomotives à vapeur on est parvenu, il est vrai, à former un personnel exercé à cette surveillance, ce qui n'est pas encore le cas pour les locomotives électriques. Par contre, les locomotives électriques à engrenages présentent tous les avantages des automotrices ordinaires : entretien restreint, personnel dispensé d'une surveillance permanente, effort constant. D'autre part, avec un moteur à bielles de grande puissance, les paliers de l'arbre du moteur et du faux essieu doivent être munis d'un graissage sous pression à plusieurs ajutages. Le remplissage des réservoirs à huile doit être effectué fréquemment. Par contre, les moteurs à engrenages fonctionnent avec un simple graissage des coussinets, le remplissage des graisseurs pouvant n'être effectué qu'au bout de plusieurs jours; la consommation d'huile est donc également moindre. Enfin, les paliers des moteurs à engrenages travaillant dans des conditions moins défavorables que ceux des moteurs à bielles, la durée de ces paliers est plus grande et leur réglage de temps à autre n'est pas nécessaire. D'autre part, les grosses réparations peuvent être, par suite du poids moindre des moteurs à engrenages, effectuées plus facilement et plus rapidement avec ceux-ci qu'avec les moteurs à bielles.

Enfin, la sécurité d'exploitation est plus grande avec plusieurs moteurs à engrenages qu'avec un seul moteur à bielles. En effet, toute avarie en un point quelconque de la transmission par bielles se répercute sur l'ensemble de la locomotive, tandis qu'avec les moteurs à engrenages il est facile de mettre un de ceux-ci hors circuit, la locomotive pouvant encore fonctionner avec les autres moteurs.

En un mot, avec la locomotive à engrenages, on suit une voie sûre dans des sentiers battus, tandis que la locomotive à transmission par bielles impose des exigences nouvelles. M. J.

Les nouvelles locomotives électriques triphasées à grande vitesse de l'État italien. — Les chemins de fer de l'État italien ont passé à la Società Italiana Westinghouse, outre 45 locomotives triphasées semblables à celles en service sur la ligne de Giovi, près de Gênes, 8 locomotives triphasées à grande vitesse, dont les caractéristiques sont particulièrement intéressantes.

Ces locomotives seront à trois essieux accouplés, avec bissel à l'avant et bissel à l'arrière. Les deux bissels sont réunis aux essieux extrêmes, au moyen d'un levier, système Krauss-Helmholz avec renvoi élastique du pignon système Zara. Les trois essieux ont un déplacement latéral de 20 mm, ce qui donne une parfaite inscription dans les courbes. Le diamètre des roues principales est de 1630 mm, et le diamètre des bissels de 950 mm. Les distances des essieux sont les suivantes : 2400, 1800, 1800, 2400 mm.

La partie centrale du toit de la cabine est facilement démontable, et les moteurs peuvent être enlevés par le haut.

Ce nouveau type de locomotive triphasée aura quatre vitesses, avec les puissances horaires suivantes :

A 37 km : h,	un effort de traction de	9 tonnes,
A 50 »	»	9 »
A 75 »	»	9,5 »
A 100 »	»	6 »

Le poids total de ces locomotives est de 65 tonnes.

Ces locomotives sont alimentées par du courant triphasé, $16\frac{2}{3}$ p : sec, 3000 volts, au moyen de deux fils de contact aérien. Le contrôle comporte un rhéostat liquide à dissolution de carbonate de sodium, qui a donné en exploitation des résultats pratiques tout à fait satisfaisants.

Électrification des chemins de fer fédéraux suisses. — A la fin de l'an dernier, la Commission nommée pour étudier l'électrification des chemins de fer suisses a publié un Rapport qui nous fournit les renseignements suivants :

Pour le trafic augmenté à prévoir dans un prochain avenir, une fois l'électrification opérée, il faudra aménager des chutes d'eau capables de fournir annuellement environ 1200, au plus 1500 millions de chevaux-heure à l'arbre des turbines; toutefois, les installations immédiates doivent être effectuées pour un rendement maximum aux turbines d'environ 450 000 chevaux, tout au plus de 550 000 chevaux. Les stations centrales affectées au service des chemins de fer doivent être en état de pourvoir à de grandes variations de rendement. On peut, sans difficulté, trouver les chutes d'eau convenables et suffisantes pour le service électrique de tous les chemins de fer suisses.

En ce qui concerne l'électrification du chemin de fer du Saint-Gothard, on évalue le coût total des nouvelles installations nécessaires à 67 500 000 fr et les dépenses d'exploitation (coût annuel de la traction) à 10 065 990 fr.

En terminant, le Rapport précité envisage les frais de l'ensemble du service de traction ; il évalue la dépense moyenne par tonne kilométrique brute à 0,70 fr pour le futur service électrique, à 0,88 fr et même, dans certains cas, à 0,94 fr pour le service à vapeur jusqu'ici existant. Le service entièrement électrique, est-il ajouté, offre aujourd'hui toute garantie au point de vue technique et promet de donner entière satisfaction.

Eu égard aux conditions spéciales des chemins de fer fédéraux et surtout à celles de la ligne du Saint-Gothard, est-il encore ajouté, le plus convenable sera d'employer du courant monophasé d'environ 15 périodes, ayant sur le fil de trôlet une tension d'à peu près 15 000 volts : on pourra obtenir un courant de cette espèce, soit directement dans les stations centrales hydraulico-électriques, soit au moyen des appareils appropriés.

L'étude des projets comportant l'emploi d'un pareil courant et élaborés à propos de l'exploitation électrique de la ligne du Saint-Gothard montre que, avec l'augmentation de trafic qu'entraînera l'électrification, le service deviendra moins onéreux que celui à vapeur, même si les prix du charbon se maintiennent aux chiffres actuels, sans parler des avantages résultant de la suppression de la fumée et de la possibilité de tirer meilleur parti des voies ferrées existantes.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

RADIOTÉLÉGRAPHIE.

La télégraphie sans fil dirigée (1).

Il y a plusieurs années que les travaux de Hertz, de Marconi et de S.-G. Brown ont mis en évidence la propriété des antennes dirigées. Il est possible, grâce à ces dernières, d'augmenter la portée d'une station dans une certaine direction. C'est ainsi que les puissantes stations transatlantiques Marconi, qui travaillent toujours dans une même direction, ont été munies d'antennes dirigées en forme d'L renversé. La figure 1 représente schématiquement l'antenne de la station de Poldhu avec ses dimensions.

Une application très importante de ces systèmes dirigés consiste à permettre aux navires de repérer l'emplacement d'une station radiotélégraphique sur le rivage.

Lorsqu'un bateau navigue en vue des côtes, il peut déterminer sa position exacte par la méthode bien connue de *recoupement* à condition d'apercevoir sur le rivage deux points fixes. Cette méthode n'est naturellement applicable que par un temps clair; mais si les points choisis servent d'emplacement à des stations radiotélégraphiques, et si le navire possède un moyen de déterminer les directions de ces stations, la méthode de recoupement deviendra applicable, quel que soit l'état de l'atmosphère.

Marconi a breveté en 1906 un dispositif permettant d'atteindre ce but. Sur le rivage étaient disposées un certain nombre d'antennes en L renversé, placées suivant des rayons équidistants d'un même cercle; l'appareil récepteur pouvait être réuni à l'une quelconque de ces antennes au moyen d'un commutateur. En cherchant sur quelle antenne la réception des signaux d'un navire présentait un maximum d'intensité, on pouvait déterminer la direction de ce navire et lui télégraphier ensuite ce renseignement; sa direction était naturellement à l'opposé de l'extrémité libre de l'antenne. La nécessité de construire plusieurs antennes pouvait être évitée, grâce à l'emploi d'une seule antenne pouvant tourner sur elle-même de manière à être orientée dans une direction déterminée, mais cette solution présentait des difficultés considérables pour la construction. Bellini et Tosi ont heureusement imaginé un dispositif très ingénieux, grâce auquel une antenne résultante fictive peut être orientée dans la direction voulue, alors que le système aérien réel reste fixe.

Il existe, en réalité, deux méthodes permettant à un navire de trouver lui-même sa position au moyen de la télégraphie sans fil : dans la première, la station côtière possède un certain nombre d'antennes d'émission par lesquelles des signaux sont transmis successivement; le navire possède le moyen de distinguer les signaux provenant de chacune des antennes dont il connaît les orientations; il peut donc, par l'observation de l'intensité de réception des différents signaux, déterminer la direction de la station côtière. La seconde méthode consiste à employer une station côtière non dirigée et à munir le navire d'un appareil de réception dirigé grâce auquel il peut repérer la direction des signaux qui lui sont transmis et, par suite, celle de la station.

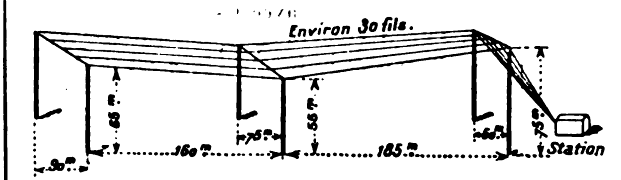


Fig. 1. — Antenne de la station de Poldhu.

La première de ces méthodes a été mise en pratique par la Compagnie Telefunken. Seize antennes dirigées doubles sont disposées suivant les branches d'une étoile qui a ainsi 32 rayons. Dans la station se trouve un appareil possédant 34 plots placés sur une circonférence. L'extrémité intérieure de chaque moitié d'antenne est reliée à l'un de ces plots, les extrémités des deux moitiés d'une même antenne dirigée complète étant connectées à deux plots diamétralement opposés. Comme il y a 34 plots et seulement 32 demi-antennes, les plots placés immédiatement avant ceux de la direction Nord-Sud restent libres. Ces deux plots réunis entre eux sont reliés à une antenne non dirigée. Un commutateur tournant, qui constitue un pont entre les plots diamétralement opposés, est relié à l'appareil transmetteur; il permet d'émettre les signaux d'abord sur l'antenne non dirigée, puis successivement sur les antennes dirigées en commençant par celle qui est placée dans la direction Nord-Sud. Un observateur, placé en deçà des limites de portée de la station et écoutant sur une antenne non dirigée, entend les signaux provenant de l'antenne non dirigée, puis ceux provenant des diverses antennes dirigées; ces derniers ne sont pas de même intensité; la réception présente un minimum d'intensité pour les signaux émis sur l'antenne dont l'extrémité est tournée vers l'observateur, car l'antenne Telefunken radie moins fortement dans son propre plan.

Pour que l'observateur puisse connaître la direction de l'antenne dont il reçoit les signaux d'intensité minimum, il est muni d'une montre à arrêt dont l'aiguille fait le tour du cadran en 30 secondes, temps qu'emploie également le commutateur tournant de la station pour faire une révolution complète. Le cadran de la montre est marqué de 34 points correspondant aux 34 plots du commutateur tournant. La position de repos de l'aiguille est sur les points correspondant aux plots réunis à l'antenne non dirigée; les autres points du cadran de la montre sont marqués de manière à indiquer les directions

(1) F. Addey, *Electrician*, t. LXX, 27 décembre 1912, p. 586-588,

des antennes dirigées reliées aux plots du commutateur dans le même ordre.

La seconde méthode permet au bateau de trouver sa position sans le secours d'un opérateur sur le rivage; elle exige que le bateau soit muni d'un dispositif permettant de déterminer la direction, d'où provient une émission non dirigée. Cette méthode a été employée par la Compagnie Marconi, elle utilise l'appareil connu sous le nom de *compas radiotélégraphique Marconi*. Le dispositif consiste en une modification du système Bellini-Tosi; comme l'indique la figure 2, les moitiés opposées de chaque antenne dirigée sont réunies au sommet. Les parties supérieures des deux antennes dirigées sont isolées l'une de l'autre. Les bases de ces antennes, qui sont de forme triangulaire, sont sectionnées en leur milieu et munies d'isolateurs. Les connexions avec les bobines du transformateur oscillant sont prises sur chacune des bases sectionnées de part et d'autre de l'isolateur. Les deux bobines d'antenne sont séparées en deux parties égales par un condensateur réglable. Les deux condensateurs sont construits de telle façon que l'on peut faire varier simultanément leurs capacités au moyen d'une seule manette.

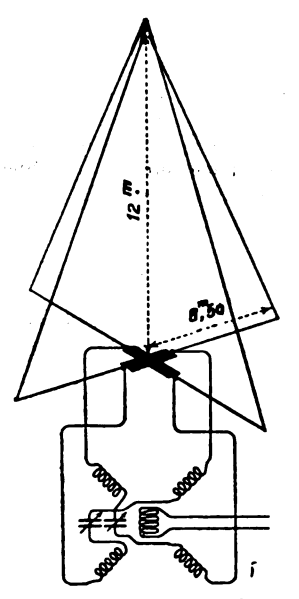


Fig. 2. — Compas radiotélégraphique Marconi (Bellini-Tosi).

On a trouvé qu'il n'était pas nécessaire de rendre les dimensions du système aérien comparables aux longueurs d'onde à recevoir, condition qui ne serait évidemment pas réalisable à bord d'un navire, pour les longueurs d'onde communément employées.

Dans l'installation faite dans un but d'expériences à bord de l'*Onward* (un des bateaux faisant la traversée de la Manche et appartenant à la Compagnie du S. E. et C. Railway), la largeur des bases des antennes triangulaires était seulement de 13 m, et leur hauteur de 12 m. Le montage utilisé sur l'*Onward* est indiqué par la figure 3, qui montre également comment les antennes dirigées sont disposées sur le pont du navire. L'emploi du compas ne modifie en rien l'antenne ordinaire ni l'installation destinée au trafic des radiotélégrammes. Lorsque le poste du bord transmet, il se produit des effets d'induction puissants dans les antennes dirigées; pour éviter la détérioration du compas, les interrupteurs placés sur les descentes d'antennes doivent être ouverts, de plus, les éclateurs de sécurité montés en dérivation sur chacune des paires de descentes offrent un chemin aux courants induits. Une aiguille est fixée sur l'axe de la bobine secondaire qui tourne dans l'espace intérieur commun aux deux bobines d'antenne. Cette aiguille se meut sur une

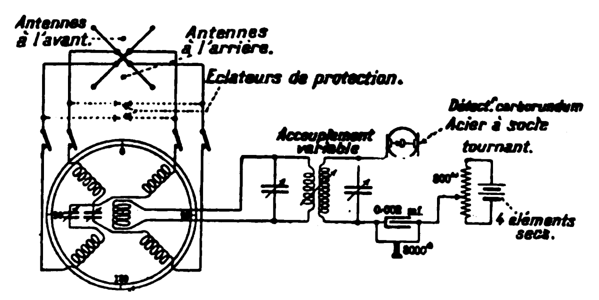


Fig. 3. — Installation radiotélégraphique à bord de l'*Onward*.

échelle circulaire graduée dans les deux sens de 0° à 180°; elle est réglée de manière à se trouver à la division zéro lorsque les signaux reçus sont dirigés suivant l'axe du bateau. Les antennes étant disposées symétriquement par rapport à l'axe du navire, l'aiguille est placée suivant la bissectrice de l'angle droit formé par les deux bobines d'antenne; cependant, il est possible de faire tourner l'aiguille autour de l'axe de la bobine mobile pour permettre d'obtenir le réglage précédent même au cas où la disposition des antennes ne serait pas rigoureusement symétrique.

On peut faire varier l'accouplement entre le circuit de la bobine mobile et celui du détecteur de manière

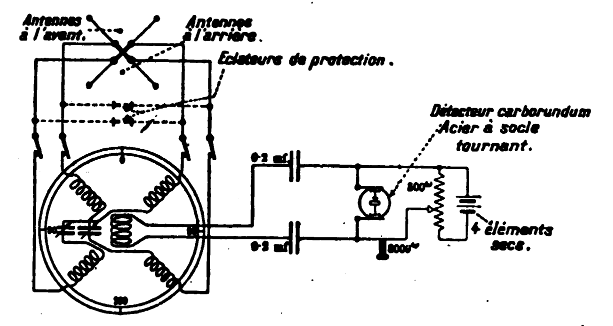


Fig. 4. — Schéma du montage pour un opérateur non exercé.

à diminuer l'intensité des signaux perçus; de cette façon, il est possible de rendre bien définie la position qui correspond au maximum d'intensité de réception. Le détecteur employé est du type carborundum-acier; il est monté sur un socle tournant de telle façon qu'en lui faisant faire un demi-tour, le voltage du potentiomètre appliqué au cristal se trouve inversé; de même un quart de tour

provoque la mise hors circuit du détecteur qui se trouve ainsi protégé contre les émissions du bord.

Le montage représenté par la figure 3, dans lequel l'antenne agit sur le circuit du détecteur par l'intermédiaire d'un circuit accordé, le circuit du détecteur devant être lui-même accordé, ne s'adresse qu'à un opérateur très expérimenté. Le montage de la figure 4 peut, au contraire, être confié aux opérateurs moins habiles; ici, la bobine exploratrice est réunie directement au détecteur à travers deux condensateurs invariables. Seul, le circuit de l'antenne est accordé, celui du détecteur est apériodique.

L'emploi du compas radiotélégraphique Marconi permet de déterminer un relèvement avec une approximation de 2 degrés. Pour montrer que la réduction des dimensions des antennes par rapport aux dimensions employées par Bellini et Tosi ne nuit pas beaucoup à la sensibilité du système, il convient de dire que l'*Onward* muni de l'installation précédemment décrite, avec une longueur d'onde de 600 m, a reçu parfois des signaux provenant des navires de la Méditerranée au cours de ses traversées entre Boulogne et Folkestone.

L'extension de ces méthodes de détermination du point pour les navires est subordonnée au nombre des stations côtières construites pour cet usage. L'emploi de ces procédés demande le fonctionnement continuel des stations côtières, ceci suppose naturellement un dispositif d'émission automatique. Le Gouvernement français s'est occupé de cette question, et, après des expériences avec deux stations voisines de Brest, il a décidé l'installation de *radiophares* tout le long des côtes françaises. Ces stations sont équipées par la Société française radioélectrique.

Deux contacts montés en série sont commandés respectivement par une came. Le signal n'est émis que lorsque les deux contacts sont simultanément fermés. La came de gauche ferme le contact de gauche pendant un certain temps au cours de sa révolution et le laisse ouvert pendant le reste de la révolution. La came de droite qui est actionnée de façon à faire plusieurs tours pendant que la première accomplit sa révolution, ouvre et ferme le contact de droite produisant ainsi l'émission d'un certain signal pendant tout le temps que le contact de gauche est fermé. En modifiant les cames, il est possible d'attribuer un signal distinctif à chaque radiophare. Les contacts automatiques sont mus continuellement par un moteur.

En vue d'éviter la gêne qui pourrait résulter du travail continuel de ces radiophares pour les stations commerciales voisines, la récente Conférence de télégraphie sans fil de Londres a décidé que les radiophares ne devraient pas excéder une portée de 75 km et une longueur d'onde de 150 m.

Une intéressante application des systèmes dirigés a été faite par Marconi dans son *système duplex*. La station se compose de deux postes placés à distance l'un de l'autre, l'un pour transmettre, l'autre pour recevoir. La distance entre ces deux postes est simplement suffisante pour empêcher le poste récepteur, qui est muni d'un agencement spécial destiné à éliminer l'interférence, d'être influencé par le poste transmetteur. L'appareil transmetteur est commandé du poste récepteur au moyen d'un relais relié par fils.

Les deux postes utilisent des antennes dirigées en forme d'L renversé, placées de manière à rayonner et recevoir dans la direction de la station éloignée.

Au poste récepteur, l'antenne est reliée à la bobine primaire d'un transformateur oscillant dont le secondaire est relié à l'appareil récepteur. Sur ce transformateur est enroulée une seconde bobine primaire qui est connectée à une petite antenne dirigée, appelée *antenne d'équilibre*; cette petite antenne est orientée de manière à recevoir dans la direction du poste transmetteur. Le réglage et les

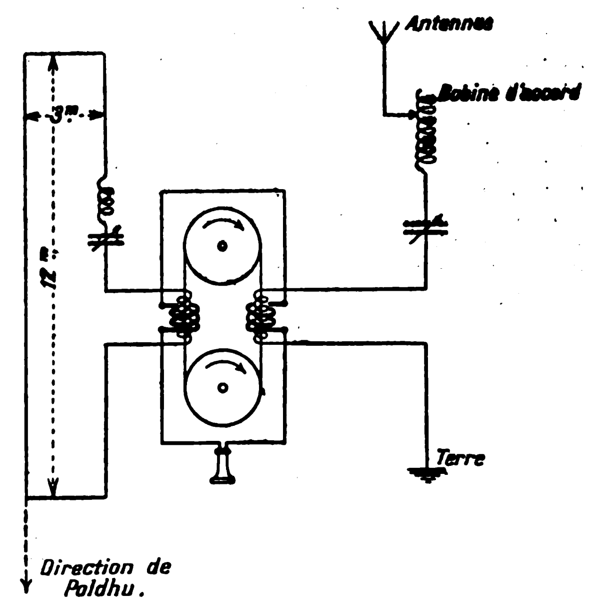


Fig. 5. — Dispositif d'équilibre de la station de Lizard.

connexions du transformateur de réception sont tels que les effets produits dans l'antenne réceptrice principale par les signaux provenant du poste transmetteur, sont neutralisés exactement par ceux qui sont engendrés dans l'antenne d'équilibre. Toutefois, les signaux émis par la station éloignée influencent l'antenne réceptrice principale plus fortement que l'antenne d'équilibre; il en résulte une action sur l'appareil détecteur. La distance entre les postes récepteurs et transmetteurs est très petite par rapport à la distance de la station éloignée. A Letterfrack, situé seulement à 15 km de la grande station transatlantique Marconi de Clifden, on a construit un poste récepteur muni d'une antenne d'équilibre. Les signaux transatlantiques sont reçus à Letterfrack sans la moindre interférence de ceux de Clifden.

Récemment, la station de Lizard a été fortement troublée par les signaux de Poldhu, distant de 9 km seulement. Le dispositif d'équilibre représenté par la figure 5 a été installé à Lizard et utilisé avec succès. L'antenne d'équilibre était constituée par une boucle de fil rectangulaire verticale d'une hauteur de 3 m et d'une longueur de 12 m, orientée dans la direction de Poldhu. L'antenne ordinaire était réunie comme d'habitude à une bobine du détecteur magnétique, tandis que l'antenne d'équilibre, munie de dispositifs pour l'accord, était reliée à



l'autre bobine d'antenne du détecteur magnétique. Les deux enroulements téléphoniques étaient montés en série, de telle façon que les effets produits par les signaux de Poldhu sur les deux antennes se neutralisaient mutuellement. Les signaux provenant des navires, influençant l'antenne ordinaire plus fortement que l'antenne d'équilibre, étaient perçus dans les téléphones.

R. B.

Les récents progrès de la télégraphie sans fil [1].

Après une courte introduction où sont rappelés les effets de la résonance mécanique et de la résonance acoustique, l'auteur montre comment la résonance électrique a été utilisée dans la télégraphie sans fil.

Le premier électricien qui a utilisé la résonance en télégraphie sans fil est Nikola Tesla qui a breveté, le 2 septembre 1897, un système de transmission d'énergie électrique à distance sans fil, dont il a pris soin de revendiquer l'application à la télégraphie sans fil. Le système de Tesla, comprenant quatre circuits en résonance, à savoir deux à l'émission et deux à la réception, a été utilisé jusqu'à ces derniers temps par les radiotélégraphistes Cependant l'invention Tesla a été souvent contestée, bien que son Mémoire soit très précis et rempli de termes dont la rigueur nous surprend encore aujourd'hui.

C'est ainsi que Tesla dit dans son brevet que son système est applicable à beaucoup d'usages et notamment à la transmission d'intelligibles messages à grande distance. Comment ne pas identifier la transmission d'intelligibles messages à grande distance avec la télégraphie sans fil ? Tesla prévoit et la combinaison de son système avec un alternateur de haute fréquence et celle avec l'oscillateur utilisant la décharge oscillante d'un condensateur. Il est indiqué que tous les circuits sont en synchronisme, et des exemples numériques sont même cités.

Une variante du système Tesla, présentant comme originalité l'emploi d'un auto-transformateur du Dr Oudin, a été décrite et expérimentée en 1898 par M. Ducretet. Il y avait encore quatre circuits accordés, puisque les résonateurs Oudin dont se servait M. Ducretet étaient munis de curseurs de réglage.

Le système Tesla fut imité ensuite et particulièrement à partir de l'année 1900 par la plupart des spécialistes de la télégraphie sans fil. Mais ce système, et par conséquent tous ceux qui en sont directement issus, présente des inconvénients qu'expose M. Girardeau.

Dès 1895, Oberbeck avait fait la théorie des circuits couplés et montré que l'onde émise n'était nullement simple mais double. Les deux ondes ont une longueur différente de la longueur d'onde propre de chaque circuit.

Si L est la longueur d'onde émise, L_0 la longueur d'onde propre commune aux deux circuits lorsqu'ils sont accordés ; K le coefficient de couplage, on a $L = L_0\sqrt{1 \pm K}$.

L'existence des deux ondes rend toute syntonie précise impossible. Pour obtenir une syntonie approchée, on est obligé de diminuer K, c'est-à-dire de proscrire des accouplements forts, et dans la pratique on ne peut dépasser 10 pour 100, mais cette condition nuit au bon rendement. Il serait désirable d'employer des accouplements plus forts si l'on pouvait supprimer l'inconvénient d'avoir deux ondes.

M. Girardeau présente alors un système de télégraphie sans fil s'appliquant également à l'émission et à la réception et tel qu'une seule onde est émise et reçue. L'ensemble émetteur, comme le récepteur, se compose de deux circuits principaux échangeant l'énergie au moyen d'un circuit intermédiaire sans capacité. Chaque ensemble peut être assimilé à un système oscillant composé de deux pendules unis par des liens rigides, qui les oblige à osciller identiquement.

La théorie d'un pareil système découle immédiatement des calculs de M. Béthenod. La formule donnant la valeur de l'onde unique est

$$L = L_0\sqrt{1-(K_1^2+K_2^2)},$$

L_0 étant la longueur d'onde propre des circuits principaux, K_1 K_2 sont les couplages entre les deux circuits principaux et le circuit intermédiaire.

On voit que les circuits ne sont nullement accordés sur l'onde émise, mais toujours sur une onde plus courte. En outre, les circuits récepteurs ne sont nullement en syntonie ni avec l'onde, ni avec les circuits émetteurs.

En pratique, le système à onde unique a, sur tous les systèmes imités de Tesla, l'avantage de fournir la syntonie précise, ce qui a fait l'objet de tant de recherches; en outre, des mesures comparatives ont été faites officiellement par le Laboratoire central d'Électricité et ont conduit aux résultats suivants :

Le système à onde unique donne en intensité environ 10 pour 100 de plus dans l'antenne qu'un Tesla fonctionnant avec le couplage donnant un maximum d'intensité, toutes autres conditions restant égales. En rendement d'énergie émise cela donne 21 pour 100 en faveur du système à onde unique. A la réception, l'amélioration en énergie reçue est de 30 pour 100; toute l'énergie se portant sur la seule onde est entièrement utilisée, ce qui explique l'accroissement de rendement à la réception par rapport à l'amélioration constatée à l'émission.

L'amortissement du système à onde unique est en outre notablement inférieur à celui du système Tesla. Quant au matériel employé pour le réaliser, il est exactement celui employé pour le Tesla. M. Girardeau fait alors une expérience de comparaison de rendement, au moyen d'un ensemble d'émission Tesla qui est instantanément transformé en émission à onde unique, et la lecture de l'ampèremètre donne 7 ampères au lieu de 6,2.

De nombreuses stations fonctionnent depuis quelque temps avec ce nouveau système.

Dans la deuxième partie de la communication, le conférencier traite la question des nouveaux systèmes de télégraphie sans fil sans étincelle. Il donne divers renseignements techniques sur la constitution de divers alternateurs à haute fréquence, ainsi que sur certaines antennes de M. J. Béthenod qui permettent d'envisager l'emploi pratique prochain de telles émissions.

Lorsque les systèmes sans étincelles seront bien au

[1] E. GIRARDEAU, Communication faite à la séance du 21 février 1913 de la Société des Ingénieurs civils de France.

point, il pourra être effectué des services intenses par télégraphie sans fil à des vitesses considérables, telles que plusieurs centaines de mots par minute, mais on peut déjà compter effectuer d'excellents services avec les systèmes à étincelles dont il est parlé dans la première partie de la communication, car ces systèmes admettent parfaitement l'emploi de manipulateurs automatiques et de récepteurs à grande vitesse. C'est ce que montre M. Girardeau en projetant des bandes de manipulation et des bandes de réception sur lesquelles des signaux ont été inscrits automatiquement.

Il a été ainsi échangé facilement jusqu'à 90 mots par minute ce qui représente plus de quatre fois la vitesse obtenue avec un câble transatlantique ordinaire et deux fois et demie la vitesse qu'on peut obtenir au moyen d'un câble duplexé pour de telles distances. C'est dire que la télégraphie sans fil, telle qu'elle est aujourd'hui, au moyen de systèmes à étincelles modernes qui sont déjà en usage en France, permet, à très bon marché, de constituer une formidable concurrence aux câbles et doter les pays qui n'ont pas été assez riches pour établir des câbles, tels que nos colonies, de moyens de communications qui, même avec les procédés actuels de télégraphie sans fil, sont supérieurs aux moyens de communications par câbles les plus perfectionnés qui relient les pays les plus civilisés d'Europe et d'Amérique. Naturellement, cela n'empêchera pas, dans ces stations de télégraphie sans fil, de laisser la place aux perfectionnements que le progrès apportera.

M. Girardeau fait remarquer, du reste, que les procédés sans étincelles s'adaptent admirablement aux stations avec étincelles et qu'on pourra les y installer à peu de frais, lorsqu'ils seront au point et lorsque les services seront suffisamment intenses pour justifier l'accroissement de vitesse des communications au-dessus de 90 mots à la minute. Mais en attendant, il convient d'utiliser la télégraphie sans fil, telle qu'elle est, puisqu'elle peut rendre des services supérieurs même à ceux d'un câble sous-marin et à beaucoup moins de frais.

Le meilleur encouragement à faire vite, ajoute M. Girardeau, nous est fourni par ces paroles que le Ministre des Postes et Télégraphes anglais prononça devant la Chambre des Communes : à savoir que « le premier occupant en télégraphie sans fil sera le maître du trafic, qu'il convient donc de se hâter afin d'établir de grandes stations de télégraphie sans fil, dans toutes les colonies anglaises, avant que les colonies françaises en soient munies ».

Ces paroles montrent, en dehors de tous les intérêts particuliers qui se trouvent naturellement liés à l'exécution de ces grands travaux, que l'intérêt général de notre pays commande impérieusement l'établissement de grandes stations de télégraphie sans fil, dans notre domaine colonial.

L'équipement des postes du réseau mondial de l'Empire britannique. — Dans l'arrangement entre la Compagnie Marconi et le Gouvernement britannique l'équipement des postes à établir a été prévu sur les bases suivantes :

Chaque station doit être capable de communiquer, en tout temps, le jour et la nuit, avec la station correspondante. Les longueurs d'onde seront fixées dans les limites de 17 000 à 50 000 pieds, de manière à permettre le maintien d'un service permanent. La longueur d'onde à attribuer à une station déterminée doit différer de 25 pour 100 de celles employées par les stations situées dans son rayon d'action; c'est ainsi que la station anglaise destinée à communiquer avec la station égyptienne utilisera une onde de 30 650 pieds de longueur, afin d'éviter toute interférence avec les grandes stations européennes. En outre, chacune des ondes attribuées aux postes du réseau mondial doit être différente d'au moins 5 pour 100 de toute autre onde employée par ces stations. Les dimensions des antennes sont à déterminer en harmonie avec les longueurs d'onde émises par les stations. L'antenne de la station anglaise, par exemple, se composera d'un grand nombre de câbles disposés parallèlement et supportés par dix pylônes en acier hauts de 300 pieds. En vue de réaliser une bonne prise de terre, le cahier des charges prescrit qu'une série de plaques en fer galvanisé doivent être enfoncées dans le sol et être reliées, de plus, à de nombreux fils horizontaux. En ce qui concerne la production de l'énergie électrique, le cahier des charges prévoit, pour chaque station, une double installation comprenant deux à quatre chaudières dont la vapeur actionne une turbine accouplée directement à un alternateur et un éclateur Marconi à disques tournants (Marconi revolving disc discharger). La tension du courant fourni par l'alternateur est portée au montant nécessaire pour l'alimentation de l'éclateur au moyen de cinq transformateurs reliés à une batterie de plusieurs centaines de condensateurs. L'énergie totale des stations doit s'élever à 1300 chevaux dans le cas de postes terminaux et à 1900-2500 chevaux en cas de postes intermédiaires. Enfin, les postes récepteur et transmetteur ne seront plus réunis dans un même local, mais bien installés dans des bâtiments distants d'au moins 10 milles l'un de l'autre.

La radiotélégraphie transatlantique. — Sous ce titre *La Nature* du 22 février publie quelques renseignements d'où nous extrayons les suivants :

Récemment le gouvernement norvégien a passé un contrat avec la Compagnie Marconi pour organiser un service entre la Norvège et les États-Unis. L'emplacement de la station norvégienne n'est pas encore déterminé, mais la station américaine sera élevée non loin de New-York; ces deux stations devront être très puissantes, puisqu'elles devront assurer un service régulier sur une distance de 6000 km. Par ces postes passeront vraisemblablement tous les télégrammes de l'Amérique à destination de la Suède, de la Norvège et de la Russie. La taxe sera de 1,20 fr par mot pour les télégrammes ordinaires et de 0,60 fr par mot pour les télégrammes de presse.

D'autre part, Valdemar Poulsen se propose de relier également la péninsule scandinave avec l'Amérique du Nord en établissant une station intermédiaire sur la pointe sud du Groendland. Nauen, en voie de reconstruction comme on sait, communiquera également avec la station de Long-Island à Sayville, qui sera prochainement terminée; la longueur d'onde utilisée sera de 2800 m. Sayville assurera aussi un service avec les navires en mer.

On annonce également la prochaine organisation d'un service radiotélégraphique entre le Canada et l'Irlande.

Enfin, toujours entre les États-Unis et l'Angleterre, la Compagnie Marconi est sur le point de doubler son service. Afin de pouvoir transmettre et recevoir simultanément des télégrammes, deux nouvelles stations seront élevées dans chaque pays : une des communications sera exclusivement affectée à la transmission d'Europe en Amérique, et l'autre aux dépêches déposées aux États-Unis et à destination de l'Europe. Les nouvelles stations anglaises seront élevées : l'une à Carnavon, l'autre à Towyn, dans le pays de Galles.



LÉGISLATION, JURISPRUDENCE, ETC.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Arrêté préfectoral concernant la revision de la liste électorale du Conseil de prud'hommes de Paris.

Le Préfet de la Seine,

Vu la loi du 27 mars 1907, ensemble les instructions ministérielles relatives à l'application de ladite loi;

Vu le décret du 23 mars 1908, qui a réorganisé le Conseil de prud'hommes de Paris et établi une classification des professions industrielles et commerciales justiciables dudit Conseil; ensemble les annexes contenant, pour chacune des cinq sections, la nomenclature desdites professions,

Arrête :

ARTICLE PREMIER. — Sont invités à se présenter à la mairie de leur domicile, à l'effet de justifier de leur droit à être inscrits sur les listes électorales prud'homales :

1° Les citoyens exerçant une des professions nominativement désignées dans les annexes du décret susvisé et remplissant les autres conditions déterminées par l'article 5 de la loi reproduit ci-après;

2° Les femmes remplissant les conditions de nationalité, d'âge, d'exercice de la profession, de domicile et de capacité stipulées par le paragraphe final du même article.

Les bureaux chargés de recevoir les déclarations seront ouverts dans chaque mairie, tous les jours, y compris les dimanches, du mardi 1er au dimanche 20 avril 1913 inclusivement, de 10 h à 16 h et, en outre, les huit derniers jours, de 20 h à 22 h.

MM. les maires des arrondissements de Paris, assistés, conformément à la loi, de trois assesseurs, inscriront sur la liste électorale les citoyens et les femmes qui satisfont notoirement à toutes les conditions exigées.

ART. 2. — Aussitôt après l'expiration du délai ci-dessus fixé, MM. les maires transmettront à la Préfecture de la Seine les différents tableaux de la liste électorale de leur arrondissement. La liste générale des électeurs du département sera ensuite dressée et provisoirement arrêtée.

PRÉFECTURE DE LA SEINE.

Arrêté préfectoral modifiant l'article 82 de l'arrêté réglementaire du 8 juin 1909 sur les installations intérieures d'électricité.

Le Préfet de la Seine,

Vu la convention arrêtée par le Conseil municipal le 21 mars 1907 en vue de la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris, ensemble le décret du 8 septembre 1907 approuvant ladite convention;

Vu notamment les articles 57 *bis*, 71, 73 et 75 de cette convention;

Vu l'arrêté, en date du 8 juin 1909, réglementant les installations intérieures d'électricité stipulant en son article 82 que la perte de tension au débit maximum dans les compteurs de quantité ne devra pas dépasser 0,5 volt par 110 volts;

Vu le rapport du Service technique de l'Éclairage duquel il résulte qu'il y a lieu de porter à 1,5 volt la perte maximum de tension des compteurs de quantité :

Vu les avis émis par la Sous-Commission permanente des contrôles de l'électricité le 11 juillet 1911 et par la Commission supérieure de contrôle de l'électricité le 14 novembre 1912 ;

Sur la proposition du directeur administratif des Travaux de Paris,

Arrête :

ARTICLE PREMIER. — Le second paragraphe de l'article 82 de l'arrêté du 8 juin 1909 réglementant les installations intérieures d'électricité est modifié comme suit : « Dans les compteurs de cette catégorie, la perte de tension au débit maximum ne devra pas dépasser 1,5 volt par 110 volts ».

ART. 2. — Ampliation du présent arrêté, qui sera inséré au *Recueil des actes administratifs* et au *Bulletin municipal officiel*, sera adressée :

1° A la direction administrative des Travaux de Paris;

2° A la direction de l'Inspection générale et du Contentieux;

3° A la direction des Affaires municipales;

4° A la direction administrative des services d'Architecture;

5° Au Comité de l'Union des secteurs électriques parisiens et à la Compagnie parisienne de distribution d'électricité.

Fait à Paris, le 29 mars 1913.

Le Préfet de la Seine,
M. DELANNEY.

(*Bulletin municipal officiel de la Ville de Paris* du 6 avril 1913.)

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité consultatif du Syndicat professionnel des Usines d'électricité du 3 mars 1913.

Présents : MM. Frénoy, président: de Clarens, Doucerain, Hussenot, Sirey; Fontaine, secrétaire général.

Les espèces suivantes sont communiquées au Comité :

CONSEIL D'ÉTAT. — 20 décembre 1912, Société Fusion des Gaz contre la Société ariégeoise d'électricité et ville de Pamiers, éclairage électrique, installation d'un réseau, autorisation, indemnité, action en garantie, incompétence.

TRIBUNAL CIVIL. — Marseille, 17 janvier 1913, Compagnie d'électricité du Sud-Est contre le sieur Ezio Prosperi, Vol d'électricité (*Le Petit Provençal*, 15 février 1913).

FRAIS DE CONTROLE. — Une Société adhérente a reçu une réclamation du service du contrôle en paiement de droits de contrôle omis par lui pour l'année 1911; elle demande si la réclamation est fondée. Le Comité consultatif donne l'avis suivant :

Les frais de contrôle ayant, d'après le Comité, le caractère de taxes assimilées aux contributions indirectes, doivent être réclamés par l'Administration dans l'année (article 50 décret du 1er germinal an XIII) à partir de l'époque où ils étaient exigibles.

RÉGIME DES RIVIÈRES. — Un membre du Syndicat qui est propriétaire sur la rive gauche d'une rivière dont il a détourné une partie de l'eau pour alimenter son industrie, se plaint qu'en amont de sa propriété le barrage d'un riverain prenne les deux tiers de l'eau, ce qui ne lui laisse plus la force nécessaire pour marcher normalement.

Le Comité consultatif répond que les difficultés au sujet des conditions d'usage de l'eau entre deux propriétaires d'une même rivière non navigable ni flottable, ou entre les usages établis sur cette rivière, sont tranchées par les tribunaux civils sous forme de règlement d'eau (art. 646 du Code civil). Il faut d'abord que les usiniers respectent les règlements généraux qui existeraient pour le libre écoulement des eaux ou leur répartition dans un intérêt général, mais la répartition de l'eau entre deux usiniers dans

un intérêt privé n'est pas l'objet de règlements administratifs : c'est une question de droit civil.

En ce qui concerne la question posée par une Société adhérente au sujet d'une difficulté avec un industriel en aval de son usine hydraulique, le Comité consultatif ajoute les considérations suivantes à l'avis ci-dessus donné :

Les usagers de l'aval peuvent demander un règlement d'eau pour faire répartir l'usage de la rivière et dans ce règlement le tribunal tient compte des besoins de chaque usager, du débit de la rivière, des conditions dans lesquelles les règlements généraux interviennent, etc. Sur les rivières navigables et flottables, il y a un règlement pour chaque usine; ces rivières sont soustraites à la juridiction des tribunaux civils. Mais, sur les rivières non navigables ni flottables, le règlement de chaque petite usine n'est qu'un règlement général relatif à l'écoulement des eaux, à l'hygiène publique, etc., et ne concerne pas la quantité d'eau à prendre par chaque riverain. Pour faire fixer cette quantité d'eau, il faut s'adresser aux tribunaux civils.

Modifications a un traité postérieur a la loi du 15 juin 1906. — Un membre adhérent expose qu'il a un traité approuvé par le préfet le 7 juin 1907. Il demande si, pour apporter, d'accord avec la municipalité, quelques modifications aux prix de vente et aux heures de fourniture du courant, il est obligé de se soumettre aux prescriptions du cahier des charges type.

Le Comité consultatif estime que les modifications projetées portant sur des clauses facultatives du cahier des charges type et non sur des stipulations essentielles et obligatoires, peuvent être, d'accord avec la municipalité, apportées au contrat de 1907, sauf l'approbation de ces modifications par le préfet pour donner toute garantie aux particuliers et en tant que concernant un contrat soumis à approbation préfectorale.

Difficultés avec une commune. — Un membre adhérent pose la question suivante : Une commune, qui a contracté sous la forme d'une délibération un engagement avec un particulier pour la vente d'un terrain, peut-elle se soustraire à ses obligations en demandant, par une nouvelle délibération, le retrait de la première, alors que l'autre partie contractante a pris un engagement ferme vis-à-vis de la commune ?

Le Comité consultatif, après examen du dossier communiqué, donne l'avis suivant :

On ne traite d'une façon irrévocable avec une commune pour une acquisition de biens lui appartenant qu'avec l'approbation préfectorale en Conseil de préfecture (art. 68, § 2 et art. 69, loi du 5 avril 1884). Avant de donner son approbation le préfet doit exiger une expertise sur la valeur des biens aliénés et il peut, au vu de cette expertise, refuser son approbation. Jusque-là il n'y a pas de lien de droit : d'autant que l'expertise devait préciser l'acceptation définitive du prix par le Conseil municipal. Le défaut d'approbation par le préfet fondé sur cette expertise ne peut pas engager la responsabilité de la commune.

Retrait d'autorisation. — Une station électrique expose que, pour établir une ligne à haute tension, elle a dû passer sur une terre de labour. Cette propriété appartenait en indivis à une veuve et à ses deux enfants. L'aîné des enfants, considéré comme le représentant de la famille, avait donné l'autorisation écrite de passer sur cette terre. La mère étant décédée, la terre a été attribuée à la sœur et le mari de celle-ci demande aujourd'hui l'enlèvement des poteaux en raison des dégâts causés par les ouvriers de l'usine électrique qui traversent la propriété pour l'entretien de la ligne.

Le Comité consultatif donne l'avis ci-après :

La Société électrique peut opposer au réclamant, en ce qui concerne le passé, que l'autorisation a été donnée au nom des copropriétaires du terrain et que celui de ces copropriétaires, qui est devenu seul propriétaire après le partage, a ratifié cette autorisation par son silence de plusieurs années. C'est en prenant possession de la propriété qu'il devait notifier à l'usine électrique son désir de ne pas continuer l'autorisation. Il conviendra cependant que la Société limite autant que possible l'exercice du droit de passage par les ouvriers et qu'elle évite les dégâts matériels, fait dont se plaint surtout le réclamant. S'il y a un dommage particulier qui excède le droit de passage, le réclamant a le droit d'en demander la réparation.

Le Comité consultatif fait, en outre, observer à la Société consultante que l'autorisation qui lui a été donnée ne lui assure pas la perpétuité de cette autorisation. Une autorisation de ce genre donnée sans durée stipulée peut toujours être retirée, mais à la condition que ce ne soit pas d'une façon inopportune et que ce retrait ne gêne pas le concessionnaire, c'est-à-dire qu'il lui laisse un délai pour modifier son installation.

Il semble difficile d'admettre que l'autorisation ait été accordée pour toute la durée de la concession de l'industriel, alors que celui-ci ne l'a pas spécifié du propriétaire.

Paiement des amendes. — Un concessionnaire est en difficulté avec la municipalité au sujet des amendes qui lui sont imposées et demande si, pour un exercice écoulé, la commune a le droit de revenir sur le passé.

Le Comité consultatif répond que, d'après le cahier des charges, les contraventions au règlement d'éclairage public sont constatées par les agents assermentés et, dans l'espèce, par le commissaire de police. Les procès-verbaux de constatation doivent être notifiés au concessionnaire pour qu'il puisse se justifier et donner des explications.

En ce qui concerne l'exercice écoulé, si les contraventions ont été régulièrement notifiées, sans contestation du concessionnaire, mais que l'amende n'ait pas été appliquée, la municipalité a le droit d'en poursuivre le recouvrement (*voir* Conseil d'État, 18 mai 1906, Société orléanaise), à moins de compte arrêté et de règlement de l'exercice.

Au contraire, si les contraventions n'ont pas été notifiées, le concessionnaire a le droit de les contester et de refuser le paiement de l'amende, et si le compte de l'exercice a été réglé, les contraventions ne peuvent plus être notifiées.

Pendant l'intervalle des séances les avis suivants ont été donnés :

Interprétation de traité. — Un membre du Syndicat désire un avis sur les droits respectifs de la ville et du concessionnaire découlant des articles d'un cahier des charges, relatifs au progrès de la science ayant pour effet la diminution du prix de revient de l'éclairage électrique par lampe à incandescence.

L'avis ci-dessous lui a été donné :

Le cahier des charges en question contient un article ainsi conçu :

« Si, par suite des progrès de la science, le prix de revient de l'éclairage électrique par lampe à incandescence venait à subir une diminution notable, le concessionnaire s'engage à en faire profiter la ville jusqu'à concurrence de x pour 100 des économies réalisées par suite des améliorations pratiques apportées dans l'application ou la production de l'électricité, à condition que ces améliorations aient été appliquées dans une ville similaire. »

Aux termes de l'article suivant du même cahier des charges, « les lampes employées seront à incandescence ».

Enfin, un autre article stipule : « Le concessionnaire sera tenu, pendant le cours de sa concession, d'employer tout nouveau système de lampe à incandescence qui présenterait des avantages et cela après entente avec l'Administration municipale ».

De ces articles il résulte :

1° Que le système des lampes à employer sera toujours la lampe à incandescence. Le concessionnaire pourrait refuser l'emploi d'autres systèmes de lampes, alors même que ces nouveaux systèmes — de lampes à arc, par exemple — auraient l'avantage de diminuer le prix de revient de l'éclairage électrique;

2° Que le concessionnaire est obligé d'installer les nouvelles lampes à incandescence, dont l'emploi aurait pour conséquence d'abaisser le prix de revient de l'éclairage électrique; à cet égard il ne paraît pas douteux que l'article vise l'emploi des lampes à filament métallique, celles-ci étant bien des lampes à incandescence et l'économie de consommation réalisée par leur emploi



ayant pour conséquence d'abaisser le prix de revient de l'éclairage électrique.

En conséquence, s'il a été prévu un forfait annuel pour l'éclairage public par lampe à incandescence à filament de carbone, le concessionnaire pourra être obligé par la ville de remplacer ces lampes par des lampes à filament métallique; il fera profiter la ville de x pour 100 de l'économie réalisée; il conservera pour lui les y pour 100 restant de cette économie.

Quant à la question des frais de l'installation des lampes nouvelles et de leur remplacement, elle pourrait avoir une influence sur le calcul de l'économie du prix de revient, si ces frais étant à la charge du concessionnaire, ses charges annuelles se trouvaient augmentées par suite de l'emploi des nouvelles lampes;

3° Aux termes de l'article le concessionnaire devra s'entendre avec la municipalité pour le choix des nouveaux systèmes de lampes économiques;

4° Enfin, il résulte de l'article également que si, par suite des progrès de la science dans la production de l'électricité, c'est-à-dire dans l'emploi des génératrices, le concessionnaire pouvait obtenir une diminution notable du prix de revient de l'éclairage électrique (par l'abaissement du prix de revient du courant), il serait obligé d'en faire profiter la ville jusqu'à concurrence de x pour 100 de l'économie réalisée, le système des lampes restant toujours bien entendu, la lampe à incandescence.

Force motrice. — M. X... a une difficulté avec un abonné à la force motrice, qui prétend lui faire accepter, sur son réseau, un moteur auquel M. X... reproche de prendre au démarrage trois fois l'intensité normale, alors qu'il n'accepte plus maintenant que des moteurs absorbant au plus une fois et demie l'intensité de pleine charge. La jurisprudence permet-elle à M. X... de résister à une semblable prétention?

L'avis suivant a été donné :

Il résulte du traité de l'éclairage électrique de la commune, que M. X... est concessionnaire d'un privilège exclusif pour la distribution de la lumière électrique aux habitants, la ville s'interdisant pendant 30 années consécutives d'accorder toutes autorisations ou concessions en vue de l'établissement par des tiers de toute industrie ayant pour objet l'éclairage électrique particulier.

Mais ce monopole ne s'étend pas à la distribution de la force motrice. Il est déclaré dans le traité que jusqu'à promulgation d'une loi sur la matière la ville ne fera pas obstacle à ce que le réseau construit en vue de l'éclairage soit utilisé en même temps pour la distribution d'énergie électrique sous quelque forme que ce soit, ni même à ce que le concessionnaire établisse, s'il y a lieu, un réseau spécial pour une telle distribution. Elle déclare d'ailleurs réserver expressément tous droits que pourront lui conférer les dispositions législatives.

De cette clause il résulte que M. X... n'a pas de monopole pour la force motrice, la loi du 15 juin 1906 ayant supprimé ce monopole. Dans ces conditions a-t-il l'obligation de fournir, conséquence de la concession du monopole?

A la vérité, l'article contient une tarification pour la force motrice; cette tarification, indépendamment de tout monopole, semble indiquer l'obligation de fournir, tout au moins sur le passage des canalisations, et à la condition que le service de l'éclairage, pour lequel un monopole a été concédé, ne puisse en souffrir.

Dans tous les cas, si M. X... ne paraît pas avoir une liberté absolue pour le refus des installations de force motrice, il est certain d'autre part qu'il n'est pas obligé d'accepter un moteur absorbant une trop grande intensité au démarrage, ce qui pourrait entraîner des perturbations dans la distribution. Mais son refus peut être contrôlé par les tribunaux, qui peuvent nommer un ou des experts pour vérifier le moteur incriminé et dire si la défectuosité reprochée par M. X... existe réellement et peut justifier son refus de fourniture.

C'est ce qui résulte d'un arrêt du Conseil d'État (29 janvier 1909), rendu dans un procès engagé par un abonné de Limoges (*Bulletin des Usines électriques*, n° 2, juin 1911, p. 48) contre la Compagnie centrale d'électricité; mais il est à noter que cet arrêt a été rendu en matière d'éclairage électrique pour lequel la Compagnie avait un monopole. L'affaire est d'ailleurs venue devant le Conseil d'État pour interprétation du traité de concession, relativement à l'obligation de fournir, après renvoi par le Tribunal civil au Conseil de préfecture pour cette interprétation.

Alors surtout qu'il s'agit d'un traité ne prévoyant aucune obligation de fournir à la charge du concessionnaire, en ce qui concerne la force motrice, pour laquelle celui-ci n'a aucun monopole, le tribunal ordinaire saisi par l'abonné de M. X... d'une demande de fourniture, ne pourrait décider sans interprétation du cahier des charges de la concession, que cette obligation de fournir existe pour la force motrice. M. X... peut donc demander au tribunal le renvoi devant le Conseil de préfecture pour l'interprétation de la clause de l'article 7 du traité en même temps que de la clause relative à l'utilisation du réseau d'éclairage pour la distribution d'énergie électrique.

Assurances accidents. — Une Société adhérente a contracté, avec une Compagnie d'assurances contre les accidents relatifs aux lignes d'énergie électrique, une police pour une longueur de x kilomètres de *lignes*. Or, après un sinistre, la Compagnie ayant fait faire un mesurage des lignes et trouvé y km, conclut cependant à x km de fils (les lignes étant toujours à double et quelquefois triple fils) et, par ce motif, fait valoir la clause de déchéance et refuse tout droit à indemnités pour fausse déclaration.

Une pareille prétention est-elle soutenable?

La réponse suivante a été donnée :

Il résulte d'une note jointe, que la Société consultante a bien cru s'assurer pour des kilomètres de lignes, ce qui est écrit d'ailleurs, et non pour des kilomètres de fils; d'ailleurs la police ne pourrait pas s'interpréter dans un autre sens, alors surtout qu'elle contient cet alinéa : « Dans le cas où elle s'étendrait à d'autres localités ou couvrirait un nombre de kilomètres supérieur, etc. »

Du moment que la Société s'est assurée pour x km de lignes, et paye une prime pour cette longueur de lignes sans distinction du nombre de fils, il semble bien évident que la prétention de la Compagnie d'assurances ne saurait être admise.

Sans doute, nous ne connaissons pas de décisions de jurisprudence en faveur de l'interprétation du mot *lignes* en ce sens que la ligne peut être à deux ou trois conducteurs, suivant le mode de distribution adopté. Mais il n'est pas douteux qu'une ligne est, par définition, une canalisation composée d'un certain nombre de fils conducteurs destinés au transport ou à la distribution du courant électrique.

C'est bien ainsi, d'ailleurs, que définit *une ligne* le décret du 17 octobre 1907 sur les redevances relatives à l'occupation du domaine public par les entreprises de distribution d'énergie, article 4 :

« Art. 4. — Pour le calcul des redevances, les canalisations aériennes, installées sur les mêmes supports ou poteaux, et les canalisations souterraines, dont les conducteurs sont juxtaposés, sont considérées comme formant une seule ligne, dont la longueur est égale à celle de la voie canalisée. Les branchements desservant les immeubles, ainsi que les supports et appuis établis sur des immeubles particuliers, n'entrent pas en compte... »

La même définition de ce qu'il fait considérer comme *ligne* est également donnée par l'article 10, paragraphe 2, d'un second décret du 17 octobre 1907 concernant le service du contrôle des distributions électriques. Elle a été maintenue par les nouveaux décrets de septembre 1912, qui apportent certaines modifications aux décrets précédents.

Dans ces conditions, et alors que la police dit expressément : « les assurés déclarent que la longueur de leurs lignes électriques est la suivante : canalisation aérienne, x km, canalisation intérieure, x km », nous estimons que la Société s'est assurée non pour x km de fils, mais pour x km de canalisations à deux ou trois fils, installés sur les mêmes supports ou poteaux

conformément aux définitions des décrets du 17 octobre 1907 relatifs aux redevances et au contrôle.

Nous considérons donc la prétention de la Compagnie d'assurances comme erronée et devant être combattue par la Société consultante.

COMMUNICATIONS DIVERSES. — M. le Secrétaire général communique au Comité le numéro de novembre 1912 de la *Revue des concessions départementales et communales.*

INFORMATIONS DIVERSES.

La transmutation de la matière par la décharge électrique. — On sait, comme l'a signalé M. C. Raveau dans ces colonnes (*La Revue électrique*, t. VI, 30 décembre 1906, p. 376-378) que le radium, corps simple au sens chimique du mot, se détruit spontanément pour donner naissance à de l'hélium, et à ce gaz curieux, que nous nommons en France *émanation*, et que Ramsay a baptisé *niton*. Le niton, à son tour, dégage de l'hélium, et donne naissance à un autre corps simple, le radium A, qui lui-même fait bientôt place à toute une série de nouveaux corps simples, aboutissant au polonium.

Le caractère essentiel de ces transmutations radioactives est d'être spontanées, automatiques, échappant absolument à notre action : nul n'est capable de modifier en quoi que ce soit l'évolution d'un atome de radium. Cependant Sir William Ramsay a pensé que l'énergie formidable libérée par la destruction d'un atome de radium pourrait être utilisée pour démolir l'édifice atomique d'autres substances; dans ce but, il utilisa les rayons β du radium puis les rayons cathodiques qui ne sont autre chose que des émissions d'électrons, identiques aux corpuscules β du radium, mais animés d'une vitesse moindre.

Ces expériences, poursuivies par MM. Collie et Patterson, élèves de Ramsay, ont donné des résultats que *La Nature* du 22 février résume comme il suit d'après les communications des auteurs :

Les communications de MM. Collie et Patterson ont porté sur la présence du néon dans l'hydrogène après le passage de décharges électriques dans l'hydrogène à basse pression. Les premières expériences de M. Collie avaient eu pour objet de décomposer le spath fluor par la décharge. En expérimentant sur du spath fluor reçu d'Islande par Sir William Ramsay, il obtint de l'hélium. De nouvelles investigations effectuées au moyen des appareils imaginés précédemment par Ramsay révélèrent la présence du néon. On obtint le même résultat avec du fluorure de calcium artificiel, avec de la laine de verre et même en faisant passer l'étincelle dans le tube de verre vide. D'où vient le néon? De l'air s'est-il infiltré à travers les interstices des robinets? Provient-il des impuretés de l'hydrogène dont le tube est rempli ou de l'oxygène employé ultérieurement pour éliminer l'hydrogène? Enfin le néon ne se trouvait-il pas dissous dans le verre ? Le professeur Collie décrit les expériences faites par lui pour contrôler ces divers points.

Elles aboutissent à une réponse négative. Il a même constaté que le néon n'aurait pu s'introduire du dehors à travers le verre chauffé. N'aurait-il pu cependant pénétrer dans le récipient à la faveur de la décharge des rayons X ? Les expériences conduites en collaboration par MM. Collie et Patterson semblent fournir ici encore une réponse négative. Le tube d'expérience fut entouré d'un autre tube rempli de néon, et le résultat précédemment obtenu ne se trouva nullement modifié, le tube extérieur fut alors rempli avec de l'hélium, on trouva encore du néon à l'intérieur du premier. Puis on pratiqua dans le tube extérieur un vide supérieur à celui du vide des ampoules à rayons X. M. Collie voulait voir s'il ne serait point passé du gaz du tube intérieur dans le tube extérieur. 1 cm^3 d'oxygène pur fut admis dans ce dernier tube; ayant ensuite extrait le gaz par pompage, on y fit passer l'étincelle électrique : une légère explosion révéla la présence d'hydrogène. L'excès d'oxygène ayant été absorbé par le charbon, il restait des gaz résiduels qui réservaient aux deux savants une étonnante surprise. L'analyse spectrale décela, dans ce résidu, de l'hélium mélangé d'un peu de néon.

M. Patterson reprit l'expérience en remplissant d'oxygène le tube extérieur ; après le passage de l'étincelle dans le premier tube, on trouva dans le second, non plus de l'hélium, mais du néon.

L'explication de ces deux curieuses expériences serait la suivante : dans la première, sous l'effet de la décharge électrique dans le tube à vide, l'atome hydrogène se serait chargé d'électricité, se serait condensé, et aurait été expulsé hors du tube, sous forme de particules α, qui, une fois neutralisées, deviennent des atomes d'hélium.

Dans la seconde expérience, les particules α projetées contre les atomes d'oxygène auraient donné naissance au néon. La valeur des poids atomiques de ces trois corps rend l'hypothèse vraisemblable hélium (4) + oxygène (16) = néon (20).

De toute façon, nous assisterions à la naissance de corps simples à partir d'autres corps simples, c'est-à-dire à des transmutations. Et celles-ci à l'encontre des transmutations radioactives, seraient non plus des phénomènes à marche inflexible, échappant à tout pouvoir humain, mais bien l'œuvre raisonnée du physicien, renouvelable à volonté.

Application de l'électrolyse à l'épuration des eaux de condensation. — Le principe de ce procédé de déshuilage des eaux condensées a été breveté par L. Grabau en Allemagne, sous le n° 171 277. L'eau et l'huile mélangées forment une émulsion; dès qu'un courant électrique traverse celle-ci, l'huile se sépare en flocons écumeux qui se rassemblent en paquets et qu'on enlève ensuite par des moyens mécaniques. L'épurateur se compose d'une grande cuve en bois dans laquelle plongent un certain nombre de plaques de fer servant d'électrodes; on fait arriver l'émulsion contre les électrodes; en sortant de la cuve, l'eau traitée rencontre encore des filtres à sable ou gravier qui retiennent le reste des impuretés. Finalement, on recueille de l'eau complètement déshuilée et claire comme du cristal, par conséquent éminemment propre à l'alimentation des chaudières. Pour augmenter la conductibilité du bain, on y ajoute un peu d'eau contenant des sels de chaux et de magnésie, dans une proportion assez faible pourtant pour ne pas compromettre la résistance des chaudières. L'eau épurée marque 1,5° à 2,5° hydrotimétriques.

L'opération se conduit plus rapidement quand on emploie l'eau encore chaude. Suivant la teneur en huile, il faut une puissance de 0,15 à 0,20 kw pour traiter 1 m^3 d'émulsion. En estimant le kilowatt-heure à 0,10 fr, le mètre cube d'eau reviendrait à 0,015 fr, parce qu'il n'y a aucune dépense supplémentaire pour le service ou la surveillance de l'installation. Il suffit tous les trois jours, par exemple, de renverser le sens du courant dans la cuve pour détacher les flocons adhérents aux électrodes et les faire remonter à la surface du bain, où on les recueille : de temps en temps, on nettoie le filtre. On peut confier au machiniste lui-même l'exécution de ces deux manœuvres qui ne demandent pas plus de 10 minutes. Les tôles de fer servant d'électrodes subissent une usure insignifiante; elles peuvent durer de 1 an et demi à 2 ans. L'interprétation physique du fonctionnement serait la suivante. Le fer séparé des électrodes à l'état colloïdal par le courant a la propriété d'attirer fortement l'huile en formant des flocons qu'il est ensuite facile de recueillir; l'épuration est totale. Le purgeur alimentateur qui permet d'appliquer industriellement le procédé est construit en Allemagne par la Maison Halvor Breda, de Charlottenbourg. Il existe actuellement, en Angleterre, 33 installations qui sont capables de traiter ensemble 600 m^3 d'eau à l'heure.



Tome XIX. **N° 225. — 2 mai 1913.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

L'étude des isolateurs à haute tension de M. Martin-Saxton publiée pages 407 à 415, debute par une hypothèse : dans l'air compris entre deux conducteurs soumis à une différence de potentiel alternative existent une série de zones électrisées, les unes positivement, les autres négativement; l'étincelle et l'arc seraient dues à la recombinaison brusque et simultanée de toutes ces couches d'électricité; les aigrettes que, dans l'obscurité, on voit partir, l'une de la gorge d'un isolateur, l'autre de la tige support et qui tendent à se rencontrer, proviendraient de la recombinaison partielle de ces couches.

L'existence de ces zones électrisées peut se concevoir dans un diélectrique légèrement conducteur. On sait, en effet, que dans ce cas les charges quittent les conducteurs en contact avec le diélectrique et cheminent lentement dans celui ci. Matteucci l'a démontré en séparant les armatures d'un condensateur par une série de lamelles de paraffine; après avoir maintenu le condensateur chargé pendant quelque temps, il le déchargeait, le démontait et constatait que les lamelles les plus proches de l'armature positive étaient chargées positivement, que celles proches de l'armature négative étaient chargées négativement. C'est le phénomène bien connu de la pénétration des charges, par lequel on explique la charge résiduelle des bouteilles de Leyde.

Si l'on répète l'expérience de Matteucci en renversant successivement et à plusieurs reprises le sens de la différence de potentiel, on doit obtenir dans le diélectrique (et nous croyons nous souvenir que le fait a été observé) une série de zones alternativement positives et négatives. Le même phénomène se produit-il dans l'air avec les différences de potentiel rapidement inversées des courants alternatifs industriels? Ce n'est pas impossible, mais il est regrettable que M. Martin-Saxton ne puisse donner une preuve expérimentale de l'existence dans l'air de ces zones électrisées.

Quoi qu'il en soit de son exactitude, l'hypothèse de M. Martin-Saxton, a un certain intérêt pratique puisqu'elle lui permet de prévoir la forme qu'il convient de donner aux cloches des isolateurs et qu'il a pu, dans une certaine mesure, vérifier que ces prévisions sont fondées.

La seconde partie de l'article de M. Martin-Saxton est consacrée à la manière dont il convient de conduire les essais d'isolateurs. L'auteur ayant eu à exécuter de nombreux essais de ce genre, il est à présumer que les praticiens y trouveront des renseignements intéressants.

Une question du plus haut intérêt pour les fabricants est celle du vieillissement des câbles. Quel est l'état du diélectrique d'un câble après un service plus ou moins prolongé sous une tension élevée?

Une première réponse nous est fournie par un article de M. Leo Lichtenstein qui a fait des **essais sur le câble à haute tension à courant monophasé de la ligne de traction Dessau-Bitterfeld**; mise en service au mois d'avril 1911 et vérifiée au mois d'octobre 1912, cette ligne qui fonctionne à 60000 volts n'a révélé aucune trace de fatigue, c'est-à-dire aucune altération de ses constantes électriques, comme on le constatera par les résultats que nous publions pages 415 à 418.

L'auteur a profité de cette occasion pour réha-

biliter en quelque sorte la méthode d'essai des câbles après pose par du courant continu à haute tension; cette opération a reçu une simplification importante par l'invention du contact tournant de Delon dont il conseille l'adoption, faute de mieux, bien entendu. Incidemment il se déclare l'adversaire absolu du traitement des câbles par l'eau. C'est qu'en effet, l'opportunité de cette dernière épreuve semble très discutable. D'après les expériences de M. V. Planer, ingénieur des Norddeutschen Kabelwerke, signalées déjà dans la *Littérature des périodiques* du 2 février 1912, p. 25, même une immersion de plusieurs semaines dans l'eau n'a eu aucune répercussion dangereuse sur l'isolant du câble; résultat négatif encore si l'on aggrave l'épreuve en recourant à l'endosmose électrique qui consiste à relier le cuivre du câble immergé au pôle négatif d'une source à courant continu dont le positif plonge dans l'eau; s'il existe des piqûres dans l'enveloppe de plomb, il y a aspiration du liquide par ces trous vers le conducteur négatif et l'on ne tarde pas à constater une terre franche. Si c'est le pôle positif qui est relié au cuivre, on observe le phénomène inverse; l'humidité est expulsée. (Dans un câble continu à trois conducteurs concentriques, on reliera le conducteur extérieur au pôle positif de la génératrice, le conducteur moyen à la terre et le conducteur axial au pôle négatif.) Or, cette expérience renouvelée sur vingt câbles, mouillés et soumis à une tension continue de 440 volts pendant 3×24 heures, n'a pas permis de déceler l'existence de piqûres dans la chemise de plomb par une diminution de la résistance d'isolement. Certains ingénieurs ont alors proposé une épreuve à l'eau sous une pression de 5 atmosphères avant les essais d'isolement et de disrupture. C'est contre cette pratique que s'élèvent les ingénieurs des Siemens-Schuckertwerke, en particulier MM. Wickop et Leo Lichtenstein; en effet, une perforation à peine perceptible s'agrandira sous l'effet de la pression, ou encore un grain de sable glissé entre l'isolant et l'enveloppe trouera celle-ci; il pénétrera finalement dans le câble une goutte de liquide dont la progression lente permettra d'abord au câble de résister à l'essai de disrupture immédiatement consécutif à la compression; c'est seulement au bout de quelques mois que l'on constatera un claquage dont l'origine sera impossible à déterminer. Il faut bien remarquer que les câbles haute tension, dont il est seul question en ce moment, sont isolés par plusieurs couches de papier bien imprégné et présentant une grande résistance mécanique; de plus, l'enveloppe de plomb est recouverte d'une couche de compound qui doit vraisemblablement obturer tous les trous existants, de sorte qu'en résumé l'épreuve par immersion simple est inutile, et celle à l'eau sous pression reste toujours dangereuse.

Dans l'article suivant, M. L. Bloch expose les conclusions de ses expériences sur les **Inconvénients qui résultent de la pose des conducteurs de courant alternatif dans des tubes de fer séparés.** Condamnée depuis longtemps par les règlements, qui n'envisageaient que l'échauffement, cette disposition a été contrôlée par l'auteur au double point de vue de la chute de tension et de la perte d'énergie qu'elle entraîne. Dans ces deux cas, les inconvénients sont assez sérieux pour rendre absolument prohibitif l'emploi des tubes d'acier. Si la séparation des conducteurs est cependant inévitable, il faut les recouvrir d'un tube de papier protégé lui-même par un tube en laiton.

Le **réglage des relais et des disjoncteurs** est une question des plus délicates si l'on veut éviter que les divers appareils placés en série ne viennent à fonctionner intempestivement. M. Maurice Defert, appliquant les principes indiqués antérieurement par M. Nicolini dans une communication au Comité technique, au Syndicat des Usines d'Électricité, donne sur ce sujet (p. 420 à 424), des renseignements pratiques.

Comme chaque année, l'**Exposition de Pâques de la Société française de Physique** rassemblait de nombreux appareils de construction récente. M. Armagnat donne (p. 428 à 435), la description succincte de ceux qui ont déjà été décrits dans ces colonnes et la description plus détaillée de ceux encore ignorés de nos lecteurs.

La question de **la stérilisation de l'eau par les rayons ultra-violets** est l'objet d'un article original de M. Kipling (p. 435 à 437) et d'une analyse d'une récente communication de M. de Recklinghausen à la Société internationale des Électriciens ainsi que des remarques faites par M. Daniel Berthelot à ce sujet (p. 437 à 440).

J. Blondin.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : 7, rue de Madrid, Paris (8e). — Téléph. { 549.49. 549.62.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité; Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité; Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue d'Édimbourg, 9.
Téléphone : Wagram 07-59.

Neuvième Bulletin bimensuel de 1913.

Cotisations.

Afin d'éviter des frais de recouvrement, MM. les Membres adhérents du Syndicat sont priés de bien vouloir adresser leur cotisation de 1913 au Secrétariat qui leur en délivrera quittance signée du Trésorier.

Modification de la date de la réunion de la Chambre syndicale.

A la demande de plusieurs membres de la Chambre qui, retenus à Gand par l'ouverture de l'Exposition, ne pourraient assister à la séance du 6 mai 1913, la date de cette réunion a été modifiée et reportée, exceptionnellement au *jeudi* 8 *mai* 1913 *à* 14h15m.

MM. les membres de la Chambre recevront du reste des convocations individuelles indiquant l'ordre du jour.

Convocation de la septième Section.

MM. les Membres de la septième Section sont informés que la réunion mensuelle de la Section aura lieu le *vendredi* 23 *mai*, à 2 h 15 m, pour l'examen des affaires soumises à l'étude de la Section.

M. le Président insiste auprès de ses collègues pour qu'ils assistent aussi nombreux que possible à cette réunion en raison des décisions qu'il y aurait à prendre, intéressant particulièrement la Section.

Banquet de l'Union des syndicats de l'Électricité.

MM. les membres adhérents sont informés que le Banquet de l'Union des Syndicats de l'Electricité aura lieu le *lundi* 2 *juin* prochain.

Nous comptons que les adhésions seront très nombreuses et nous recommandons aux adhérents de bien vouloir répondre sans retard à la lettre qui leur est adressée individuellement.

Service de placement.

Nous rappelons à Messieurs les industriels, membres du Syndicat, que le service de placement est à leur disposition en vue de leur signaler des candidats, munis de références, pour les emplois qui seraient vacants dans leur Maison. Nous les prions, en conséquence, de bien vouloir nous signaler le personnel dont ils auraient besoin pour que nous les aidions à le trouver.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre syndicale du 8 avril 1913.

Présidence de M. Legouëz.

La séance est ouverte à 2 h 15 m.

Sont présents : MM. Harlé, Javaux, Meyer-May, Sartiaux, anciens présidents; Legouëz, président; Larnaude et M. Meyer, vice-présidents; Sauvage, secrétaire; Bancelin, Berne, Casanova, Château, Guittard, Iung, de la Ville Le Roulx, Leclanché, Lens, Lewis, de la Touanne, Tourtay, Witzig, membres; Chaussenot, sec. général.

Excusés : MM. Zetter, ancien président; Grosselin, vice-président; André, Eschwège, Portevin, Routin et Tournaire, membres.

Remerciements. — Du Comité central, du Syndicat général et de l'Office national du Commerce extérieur pour des subventions accordées en 1913;

De M. Œuvrard, pour son admission au Syndicat.

Admissions. — La Chambre prononce les admissions suivantes :

De M. Andréadis (Georges), ingénieur électricien, 16, rue Lebouteux, à Paris, présenté par MM. Gabreau et Legendre, pour être inscrit à la 7e Section;

De M. Cirilli (Louis), ingénieur électricien, 45, avenue de Châtillon, présenté par MM. Legouëz et Chaussenot, pour être inscrit à la 7e Section;

De M. Nicollier (Jean), ingénieur électricien, 15, rue Allard, à Saint-Mandé, présenté par MM. Charliat et Chaussenot, pour être inscrit à la 7e Section;

De M. Sautenet (Henri), ingénieur électricien, 3, chemin des Ronzades, à Genève, présenté par MM. Legouëz et Chaussenot, pour être inscrit à la 7e Section.

Démission. — La Chambre accepte la démission de M. Jacobsen, pour prendre effet au 31 décembre 1913.

Renouvellement du Bureau. — M. le Président rappelle que, conformément à l'article 13 des Statuts, la Chambre doit procéder au renouvellement du Bureau pour l'année 1913.

En raison de ses nouvelles fonctions à la Chambre de Commerce de Paris, M. Legouëz, estimant qu'il ne lui est plus possible d'assumer les charges de la présidence du Syndicat, a, conformément à l'usage, réuni les anciens présidents afin d'avoir leur avis sur les candidatures à proposer.

Il propose, en conséquence, en leur nom et en son nom personnel, la candidature de M. Marcel Meyer, vice-président du Syndicat et président de la 6e Section. La



Chambre approuve cette proposition et nomme, à l'unanimité, M. Marcel Meyer, président du Syndicat pour l'exercice 1913.

Sur la proposition de son président, la Chambre réélit comme vice-présidents MM. Grosselin (Joseph) et Larnaude (André), vice-présidents sortants, et désigne M. Frager (Alphonse), président de la 4e Section, comme troisième vice-président en remplacement de M. Marcel Meyer.

Elle renouvelle les pouvoirs de M. Minvielle comme trésorier, et réélit comme secrétaires MM. Georges Meyer et Paul Sauvage; elle confirme M. Chaussenot (Henri) dans ses fonctions de secrétaire général.

Ces élections étant faites, M. Legouëz remercie le Bureau, les membres de la Chambre et les Bureaux des sections du concours dévoué qu'ils lui ont apporté pendant ses deux années de présidence, et cède le fauteuil à M. Marcel Meyer.

Présidence de M. Marcel Meyer.

M. Marcel Meyer remercie ses collègues de l'honneur qu'ils lui font en l'appelant à la présidence, et leur assure que tous ses efforts tendront à continuer l'œuvre de ses prédécesseur sen vue de développer l'action du Syndicat.

Nomination des délégués auprès des groupements. — Le Président rappelle que la Chambre doit procéder au renouvellement des délégués chargés de représenter le Syndicat auprès des groupements auxquels il est affilié et que, suivant les précédents, le président sortant et le président en exercice font partie de ces délégations. La Chambre désigne, en conséquence, comme délégués au Comité central, M. Legouëz et M. Marcel Meyer, et à l'Union métallurgique et minière, MM. Legouez et Marcel Meyer.

Notre Syndicat ayant cinq délégués au Comité de l'Union, la Chambre confirme la délégation donnée à MM. Guillain, Sartiaux, Sciama et Legouëz, et nomme M. Marcel Meyer; M. Chaussenot conservant ses fonctions de secrétaire adjoint fonctionnaire.

La Chambre remet à la prochaine séance la désignation des cinq délégués au Syndicat général.

Elle confirme les pouvoirs donnés à MM. Legouëz, Frager et Guittard comme délégués à la Commission internationale électrotechnique et charge de nouveau M. Legouëz de représenter le Syndicat à l'Association française pour la protection de la propriété industrielle, ainsi qu'au Comité de direction du Laboratoire central.

Annuaire 1913. — M. le Président indique que la préparation de l'Annuaire se poursuit régulièrement. Des circulaires, pour solliciter des annonces, ont été envoyées. Plusieurs maisons ont déjà répondu et il espère que ce bon exemple sera suivi et que, grâce à ce concours, les frais de l'Annuaire pourront être couverts en même temps qu'il résultera de sa distribution des demandes d'adhésion au Syndicat et des avantages sérieux pour les annonciers.

Il recommande à tous les adhérents de répondre de suite à la circulaire qui leur sera envoyée en vue de vérifier leur inscription dans l'Annuaire 1912 et de signaler les modifications qu'il y aurait à y faire pour 1913.

Union des Syndicats de l'Électricité. — M. le Président communique à la Chambre le procès-verbal de la séance du Comité de l'Union en date du 5 mars 1913, qui sera publié dans *La Revue électrique*.

Union des Industries métallurgiques et minières. — La Chambre prend connaissance des documents ci-après : n° 546, projet de loi relatif à l'établissement du régime douanier colonial; n° 548, rapport présenté par le Bureau du Comité à l'Assemblée générale du 18 février 1913; n° 549, jurisprudence sur l'application des droits d'octroi à l'outillage industriel. Ces documents ont été envoyés aux membres de la Chambre et un exemplaire est déposé au Secrétariat à la disposition des membres adhérents.

Comité central. — M. le Président indique que le Comité central, parmi les questions actuellement à l'étude, a communiqué ses observations sur les nouveaux contrats d'assurance contre l'incendie proposés par le Syndicat des assureurs. Ces observations font l'objet d'un fascicule qui a été envoyé à tous les membres adhérents du Syndicat, encarté dans le numéro de *La Revue électrique* du 21 mars.

Il insiste auprès des membres de la Chambre et de tous les membres du Syndicat pour qu'ils veuillent bien l'examiner attentivement et lui communiquer les observations qu'ils auraient à faire à ces projets de contrats.

Laboratoire central. — A la demande du président, M. Legouëz donne quelques indications sur l'état actuel de la souscription ouverte pour l'extension des services du Laboratoire central et insiste auprès des membres du Syndicat pour qu'ils apportent leur concours en vue de la réalisation de ces projets, pour permettre au Laboratoire de rendre à l'industrie électrique tous les services dont elle a besoin.

Association française pour la protection de la propriété industrielle. — La Chambre prend connaissance du programme des travaux de l'Association et s'en rapporte à M. Legouëz, son délégué, pour la tenir au courant des décisions qui y seront prises.

Correspondance. — La Chambre prend connaissance des lettres et documents envoyés par la *Revue financière universelle* au sujet d'une enquête qu'elle poursuit dans toutes les branches de l'industrie française, en vue de savoir si le placement des capitaux à l'étranger n'est pas contraire aux intérêts nationaux et ne prive pas les industries françaises des fonds nécessaires à leur développement. Les résultats obtenus pour l'industrie textile sont des plus intéressants et il est à désirer que les autres industries suivent cet exemple en répondant d'une façon aussi complète que possible au questionnaire qui leur est envoyé.

M. le Président ajoute qu'en ce qui concerne l'industrie électrique l'enquête n'est pas encore commencée, mais se fera sous peu. A cet effet, des questionnaires seront envoyés auxquels il est désirable que chacun réponde de suite.

M. Legouëz indique que dans les réponses faites par l'industrie textile, à titre d'informations additionnelles, un certain nombre d'industriels ont signalé que ce n'est pas le manque de capitaux disponibles qui gêne le développement des entreprises, mais le manque de main-d'œuvre, l'augmentation des frais généraux et les craintes de charges nouvelles.



La Chambre prend connaissance d'une lettre de l'Avenir syndical sollicitant l'appui du Syndicat par la souscription d'un certain nombre d'abonnements. Estimant qu'elle n'a pas à prendre position dans les questions professionnelles ouvrières, elle passe à l'ordre du jour.

Elle prend connaissance des documents communiqués par le Comité central d'intérêt et de défense fiscale. Elle s'en rapporte aux soins de l'Union des Syndicats, adhérents de ce Comité pour examiner les questions mises à l'étude.

La Chambre prend connaissance de la lettre par laquelle le président du Syndicat des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs de France lui fait connaître la composition du Bureau du Comité pour l'exercice 1913.

La Chambre prend connaissance de la circulaire de la Société internationale des Électriciens relative au congrès qui doit avoir lieu à Paris, du [illegible]1 au 24 mai 1913.

La Chambre attire l'attention sur l'intérêt que présente ce congrès et la nécessité d'être aussi nombreux que possible pour accueillir les ingénieurs anglais qui viendront y assister avec leurs familles et leur faire une réception aussi somptueuse et cordiale que celle qu'ils ont faite aux ingénieurs français en 1906.

La Chambre prend également connaissance de la lettre de l'Association polytechnique sollicitant, comme les années précédentes, une médaille et un diplôme du Syndicat en faveur d'un des lauréats de ses cours d'électricité. Cette demande est accordée et avis en sera donné au président de l'Association.

Travaux des Sections. — Les Sections ne se sont pas réunies en mars, sauf la septième qui, dans sa séance mensuelle, a examiné la question de fixation des unités par voie législative, présentée par M. de Baillehache et qui a donné lieu à une discussion intéressante à la suite de laquelle un rapport sera dressé pour la prochaine séance.

Des vues ont été échangées au sujet de la répartition des membres de la Section par catégorie de profession en vue de l'étude générale qui doit être faite pour la modification des Statuts et du Règlement intérieur du Syndicat.

Questions financières. — M. le Président rappelle que les cotisations personnelles sont en règlement et insiste pour que les membres adhérents qui ne l'auraient pas encore fait veuillent bien envoyer leur cotisation afin d'éviter des frais onéreux d'encaissement.

En ce qui concerne les cotisations professionnelles et celles des représentants de maison, le décompte en sera envoyé sous peu avec des indications au sujet du règlement.

Questions législatives. — La Chambre renvoie à l'examen de la Commission législative divers projets de lois.

Bibliographie. — M. le Président présente à la Chambre les Ouvrages suivants qui ont été adressés au Syndicat :

Bulletin de l'Association française pour la Protection de la Propriété industrielle, année 1911-1912;

Recueil des lois et règlements concernant l'électricité, offert par MM. Geoffroy et Delore;

Compte rendu de la septième assemblée du Comité de l'Association pour la protection légale des travailleurs;

Compte rendu du premier Congrès international d'Électroculture;

Compte rendu de la Conférence internationale de l'Heure en octobre 1912.

La Chambre remercie les donateurs pour l'envoi de ces documents qui seront classés à la bibliothèque du Syndicat.

La séance est levée à 3 h 30 m.

Le Secrétaire général, H. Chaussenot. *Le Président,* M. Meyer.

Bibliographie.

MM. les Membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général:

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les Annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° *Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans les immeubles et leurs dépendances;*

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;

7° Le Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 200 volts;

8° La brochure sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

9° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat professionnel des industries électriques (édition de 1907);

10° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Annuaire* de 1912, p. 104);

11° L'affiche « Conseils pour éviter la tuberculose »;

12° Affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

13° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et les principaux décrets, arrêtés, circulaires relatifs à l'application de cette loi (par brochures séparées);

14° *Arrêté technique du* 21 *mars* 1911, en application de la loi du 15 juin 1906;

15° Imprimés préparés pour ***demandes de concession*** de distribution d'énergie électrique (conformes aux Cahiers des charges types);

16° États de renseignements à fournir à l'appui d'une demande (annexe n° 3 à la circulaire ministérielle du 25 octobre 1908);

17° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris;

18° Renseignements relatifs à l'application de la loi du 5 avril 1910 sur les retraites ouvrières et paysannes;

19° Renseignements relatifs au fonctionnement de la Caisse syndicale de retraites des forges, de la construction mécanique, des industries électriques et de celles qui s'y rattachent.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

Neuvième Bulletin bimensuel de 1913.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Commission technique du 8 mars 1913.

Présents : MM. Brylinski, président d'honneur; Eschwège, président du Syndicat; Tainturier, président de la Commission; Fontaine, secrétaire général; Armagnat, Aubert, Bitouzet, Blondin, Boucherot, Buffet, Cousin, Drin, Lecler, Della Riccia, Paré, Nicolini, Rieunier, A. Schlumberger.

Absents excusés : MM. Cotté, Daguerre.

M. le Président souhaite la bienvenue à M. Aubert, nouvellement nommé membre de la Commission technique.

PASSAGE DES CANALISATIONS AÉRIENNES AU-DESSUS DES TOITS MÉTALLIQUES. — La question est actuellement à l'instruction. L'enquête ouverte auprès des adhérents n'est pas encore achevée.

EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ EN AGRICULTURE. — M. Lecler expose à la Commission les conclusions qu'il a tirées de la manifestation organisée par le Syndicat au récent Concours agricole. L'impression générale qu'il a pu recueillir est que les agriculteurs semblent être disposés à admettre l'emploi de l'énergie électrique pour leurs besoins : il importe donc de persévérer dans l'effort de vulgarisation qui a été commencé cette année, et il sera intéressant de s'entendre avec les constructeurs de machines agricoles pour étudier avec eux des appareils susceptibles d'être accouplés directement aux moteurs électriques sans passer par l'intermédiaire inutile de renvois multiples. La sous-commission d'emploi de l'électricité en agriculture présidée par M. Lecler va se réunir ultérieurement pour préparer les prochaines démonstrations. MM. Aubert, Dreyfus et Drin feront partie de la sous-commission.

NOTE DE M. SCHLUMBERGER SUR LES TABOURETS ISOLANTS. — La question soumise au Comité consultatif y a été discutée et la réponse en sera donnée prochainement.

SERVICE AUXILIAIRE DES CENTRALES. — Le rapport de M. Rieunier sera prêt au commencement d'avril.

UNIFICATION DES PRISES DE COURANT. — M. Buffet lit son rapport sur l'unification des prises de courant. Sa documentation a été puisée en Allemagne où des règlements très précis sont appliqués. Il n'existe, en effet, dans ce pays qu'un seul type de prise de courant dont toutes les dimensions sont parfaitement déterminées.

Le rapport sera envoyé aux membres de la Commission.

M. le Président charge M. Aubert d'étudier la question récemment proposée de la mise en parallèle des centrales. Le rapport de M. Aubert sera communiqué aux membres dès son achèvement.

Sur la proposition de M. Eschwège, M. Drin, qui s'est occupé de la cartographie électrique, fera partie de la Commission de statistique pour étudier un mode de représentation cartographique des distributions d'énergie en France.

M. Eschwège demande quelques renseignements sur la possibilité d'installer des postes radiotélégraphiques pour le service des réseaux à haute tension.

Après discussion, il semble que les communications radiotélégraphiques étant un monopole d'État, l'autorisation d'installer des postes particuliers ne serait pas donnée.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 15 avril 1913.

Membres actifs.

MM.

COUDER (Victor), ingénieur, Compagnie des tramways de Tunis (Tunisie), présenté par MM. Brylinski et Mouchard.

FABRE (Auguste), ingénieur, Compagnie du gaz et des eaux de Tunis (Tunisie), présenté par MM. Jean Sigler et Mouchard.

WEIL (Maxime), ingénieur délégué du Conseil d'administration de la Société d'éclairage et d'applications électriques à Arras, 13, rue Franklin, Paris, présenté par MM. Fontaine et Neu.

Membres correspondants.

MM.

BOISMOREAU (Albert), dessinateur, rue de la Madeleine, commune de Gond-Pontouvre, près Angoulême (Charente), présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

DURAND (Henri), électricien, 133, rue Saint-Charles, Paris, présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

MILLET (J. et A.) et Cie, verreries de Masnières (Nord), présenté par MM. Eschwège et E. Fontaine.

Bibliographie.

1° Collection complète des Bulletins de 1896 à 1907;

2° Loi du 9 avril 1898, modifiée par les lois des 22 mars 1902 et 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail;

3° Décrets portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 9 avril 1898;

4° Circulaire ministérielle du 24 mai 1911, relative aux secours à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs d'énergie électrique (affiche destinée à être apposée exclusivement à l'intérieur des usines et dans leurs dépendances);

5° Circulaire analogue à la précédente (affiche destinée à être apposée à l'extérieur des usines, à la porte des mairies, à l'intérieur des écoles et dans le voisinage des lignes à haute tension);

6° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray;

7° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs.

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations, comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Chronique financière et commerciale. — Nouvelles Sociétés, p. XLIII. — Demandes d'emplois, p. XLV. — Avis, p. XLVII. — Premières nouvelles sur les installations projetées, p. XLIX.



TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

ISOLATEURS.

Étude des isolateurs à haute tension (au-dessus de 5000 volts).

Lorsqu'il s'agit d'établir une ligne à haute tension, on se demande, en présence des modèles si différents d'isolateurs proposés, lequel choisir et quelles conditions imposer.

Je vais essayer ici, dans un langage compréhensible à tous, d'éclaircir la question.

J'exposerai d'abord ce qui se passe sur un isolateur mis sous tension croissante.

Nous verrons ensuite quels coefficients de sécurité il faut adopter pour le bon fonctionnement des isolateurs.

Puis nous étudierons les dimensions, la forme et la construction de l'isolateur convenable.

Nous verrons dans quelles conditions il travaille en ligne et quelles épreuves nous devrons faire subir au type à adopter.

Une fois ce type adopté, nous examinerons les conditions de réception de ce type avant de l'employer définitivement.

I. Ce qui se passe sur un isolateur sous tension. — Tout d'abord, pour bien comprendre, examinons et précisons ce qui se passe sur un isolateur sec mis sous tension *alternative* croissante : un pôle du transformateur relié à la ligne et l'autre à la ferrure de l'isolateur.

Le premier phénomène qu'on observe est un bruissement de plus en plus intense croissant avec la tension.

Puis on aperçoit dans l'obscurité :

Effluves : ou plutôt ce qu'on est convenu d'appeler *effluves;* c'est, à ce qu'il semble à première vue, un léger brouillard violacé illuminant l'espace aux environs des conducteurs et de certaines zones des isolateurs, mais de très près on voit de petites flammes violettes très nettes de 2 à 3 mm de long, fusant en ligne droite normalement aux conducteurs et particulièrement aux arêtes vives sur la *surface* seule de l'isolateur, cela n'a pas d'épaisseur.

Ramicelles : lueurs augmentant avec la tension prolongeant les *effluves* sous forme de ramicelles très nettes à la surface des isolateurs. Ces ramicelles s'allongent de plus en plus en devenant blanches, elles dépendent *des capacités* en action (isolateurs, lignes, transformateurs, etc.), en même temps que de la tension.

Etincelles : Suite des ramicelles qui, partant de chaque pôle, se rejoignent enfin en crépitant d'autant plus fort et plus vite que les capacités en service sont plus grandes ainsi d'ailleurs que la tension. Ces étincelles sont très blanches, absolument nettes et extrêmement photométriques.

J'insiste sur le fait qu'elles sont la décharge oscillante des capacités en ligne sans qu'il n'y ait d'autre débit au transformateur que le courant de charge des capacités.

L'apparition de ces étincelles dépend de la *capacité en service plus que de la tension*, il est facile de le prouver expérimentalement.

Aigrettes : pour les voir, il faut l'obscurité absolue; au moment où la tension va atteindre son maximum, on aperçoit, dans l'espace cette fois, des effluves réelles : comme deux aigrettes lumineuses violacées partant l'une d'un point de la gorge de l'isolateur ou de la ligne et l'autre de la ferrure support : ces deux aigrettes *semblent* chercher à se rejoindre en suivant le tracé de l'enveloppante dont je parlerai plus loin.

Au moment de leur contact jaillit :

L'arc : sous forme d'une flamme sinueuse ronflant sourdement et peu lumineuse (genre flamme Bunsen) à peine colorée en jaune par les sels (sodium) des corps touchés par elle.

Dans le cas d'arcs ne dépassant pas 50 à 80 kw de puissance, en général, à sec, il reste allumé plusieurs secondes en virevoltant autour de l'isolateur pour s'éteindre et se rallumer aussitôt jusqu'à ce qu'une zone de l'isolateur reste assez chaude pour devenir légèrement conductrice, alors l'arc s'y arrête et reste amorcé aussi longtemps qu'on le veut. L'isolateur fond et se fend sous l'extrême élévation de température en cette région. Sous pluie, l'arc peut s'amorcer et s'éteindre très fréquemment par suite de l'irrégularité du conducteur liquide suivi par le courant.

En somme, nous avons assisté à deux séries de phénomènes :

a. Les uns dus à la tension seule : effluves, aigrettes et arc, phénomènes de basse fréquence;

b. Les autres dus surtout à la capacité : ramicelles, étincelles, phénomènes de haute fréquence.

Nous verrons, dans la suite, pourquoi j'insiste tant sur la différence entre ces deux sortes de phénomènes.

Remarque. — Lorsqu'on a affaire, comme cela m'est arrivé, à des transformateurs mal construits et présentant par eux-mêmes une grande capacité électrostatique intérieure, on ne peut pas amorcer d'arc au-dessus d'une certaine tension, il ne se produit plus que des étincelles assourdissantes se répétant si fréquemment et en tel nombre qu'il semble qu'on ait affaire à un phénomène continu et qu'on aperçoive un arc éblouissant. *Ce n'en est pas un :* l'arc est un phénomène de basse fréquence, presque silencieux et peu lumineux; ce qu'on aperçoit ici est une succession d'étincelles : c'est de la haute fréquence.

Il arrive aussi que les deux phénomènes : arc et étincelles se superposent, mais alors on aperçoit l'arc sous forme de brouillard bien visible, plus ou moins lumineux, formant gaine autour des étincelles qui, elles, restent toujours nettes.

II. Coefficients de sécurité (tension). — Sachant ce qui se passe sur un isolateur, nous allons pouvoir étudier les conditions techniques auxquelles il doit répondre pour pouvoir donner le maximum de garanties.



Nous voulons que l'isolateur tienne la tension de service avec une sécurité déterminée : c'est-à-dire que nous allons fixer le rapport ou coefficient de sécurité entre la tension de service et une certaine tension limite plus élevée que l'isolateur devra pouvoir atteindre sans inconvénient.

Ce coefficient de sécurité, comme tous ces coefficients, nous pouvons le choisir arbitrairement, mais la pratique nous indique pour les tensions actuelles jusqu'à 100 000 volts de prendre en alternatif environ 2,5 fois la tension de service pour les essais à sec et 1,5 fois cette tension de service pour les essais sous pluie.

Ces seules données suffisent pour établir mathématiquement les dimensions et la forme de l'isolateur.

(Nous n'examinerons ici que le cas d'isolateurs supports pour courant alternatif, les mêmes raisonnements s'appliquent avec des modifications évidentes à tous les isolateurs : courant continu, isolateurs suspendus ou en série).

III. Détermination de la forme et des dimensions de l'isolateur. — Certaines expériences m'ont amené à reconnaître l'existence de zones électrisées successives partageant l'espace entre deux conducteurs à potentiel différent.

Ces zones sont des surfaces qui existent réellement. L'électricité s'y trouve comme accumulée : c'est quelque chose comme autour d'un aimant, les zones où le magnétisme s'accumule, si l'on peut ainsi dire, ce que nous révèlent les spectres magnétiques bien connus, mais alors que ces spectres magnétiques sont dans le sens des lignes de force du champ, les *spectres électriques* sont des surfaces dans le genre des surfaces équipotentielles.

J'ai constaté en les fixant sur des diélectriques l'existence réelle de ces zones et l'on sait d'ailleurs qu'en regardant à la lumière polarisée des pièces de verre soumises à des différences de tension qu'on voit des zones alternées où l'état moléculaire du verre se trouve modifié, mais je ne crois pas qu'on ait jusqu'ici tenu compte de leur existence réelle correspondant pourtant aux théories actuelles sur les ions.

L'expérience classique de l'œuf électrique permet de voir un phénomène du même genre, peut-être identique.

Le nombre de ces zones varie avec la tension existant entre deux conducteurs : si cette tension devient très élevée, ces zones se rapprocheront de plus en plus, jusqu'au moment où l'espace qui les sépare devenant trop faible, il y a rupture du diélectrique avec formation d'effluve, d'aigrette, d'étincelle ou d'arc suivant le cas.

L'arc et l'étincelle seraient la perforation totale de tous les diélectriques intermédiaires, mais dans des conditions différentes.

Les aigrettes en sont la perforation partielle avec décharge partielle des zones rencontrées [1].

Ceci exposé, comment se présentent ces zones électriques autour d'un isolateur ?

Supposons le cas d'une tige support d'isolateur très longue.

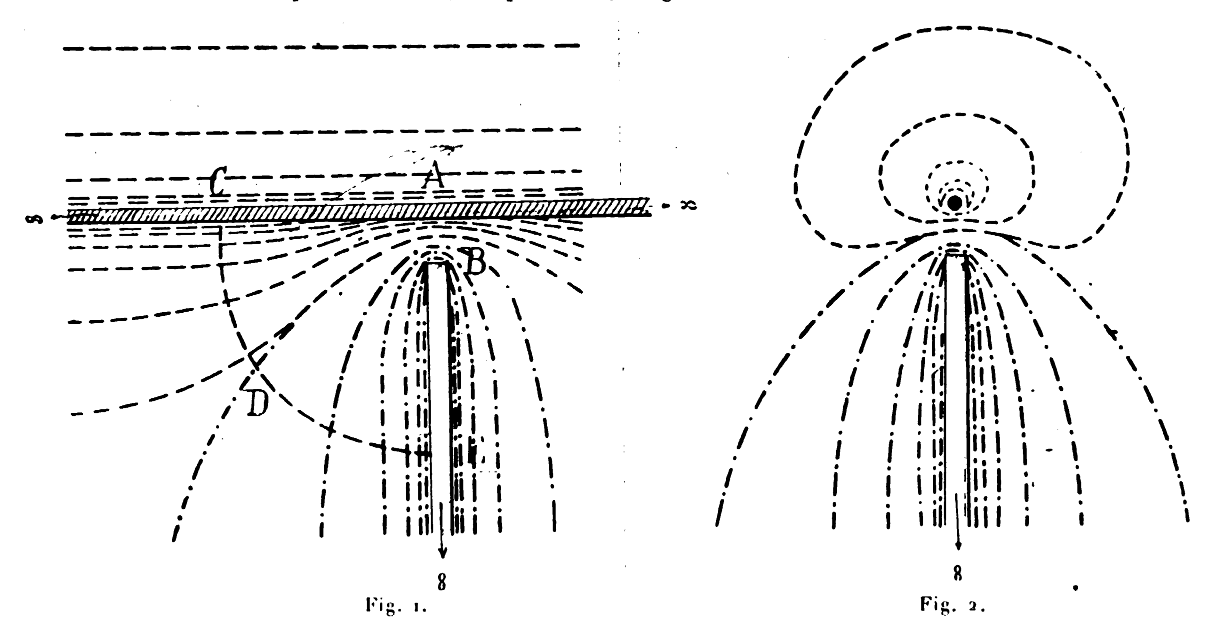


Fig. 1. Fig. 2.

La figure 1 serait une coupe dans le plan de la tige et de l'isolateur au moment des tensions positives ou négatives maxima;

La figure 2, une coupe dans un plan passant par la tige et perpendiculaire à la ligne dans les mêmes conditions.

On voit les sections des zones électrisées qui, d'abord concentriques aux conducteurs, se déforment en approchant de A et de B.

Comme dans un isolateur nous cherchons à approcher A de B, les zones électrisées vont être excessivement rap-

(1) Pour ceux qui n'admettraient pas les zones électrisées, l'article restera compréhensible s'ils veulent traduire ce terme par surfaces équipotentielles.



prochées, il nous faut un diélectrique très résistant qui sera la matière de l'isolateur.

Dimensions. — Pour empêcher tout amorçage d'arc, la masse de l'isolateur doit être prolongée jusqu'à l'enveloppante CDE. Cette enveloppante déterminée par la condition qu'elle doit être normale aux zones électrisées et dans une région telle que la distance minimum entre deux zones électrisées soit supérieure à celle d'amorçage des aigrettes ou effluves, je dénomme cette distance : *distance minimum critique.* Toutes ces conditions précises et mathématiques déterminent entièrement l'isolateur optimum avec lequel nous n'aurons aucune autre perte que les effluves qui pourraient s'y produire et les pertes ohmiques.

Mais nous pouvons alléger considérablement cet isolateur optimum et le rendre utilisable en découpant des

Fig. 3.

cloches dans la masse circonscrite par l'enveloppante et en ne laissant que la matière rigoureusement nécessaire.

Les diélectriques ont la propriété de condenser les zones électrisées exactement comme le noyau de fer dans un solénoïde a la propriété de condenser en lui les lignes de force.

Profitant de cette propriété, nous allons drainer dans un diélectrique approprié et à partir de l'enveloppante les zones électrisées de façon que celles restant dans l'air ne s'approchent jamais en dessous de la distance critique.

Les cloches vont faire l'office de drain.

De même qu'on ne peut drainer efficacement qu'un espace déterminé avec un seul drain, de même le rayon d'action d'une seule cloche est limité.

9..



Nombre de cloches. — Le nombre de cloches croîtra avec les dimensions de l'enveloppe CDE et le nombre de zones à absorber.

Pour ne pas multiplier les grandes cloches, celles limitées par l'enveloppante, nous pouvons nous contenter d'un premier drainage destiné à diminuer le nombre des zones entre cloches, mais à mesure que nous nous rapprochons de l'axe ces zones se resserreront et leur distance redevient critique.

Nous pouvons éviter cet inconvénient de deux façons :

En augmentant rapidement l'épaisseur des grandes cloches de façon à augmenter leur pouvoir absorbant;

Cloches	A +	A −
1	20 000	3 000
2	20 000	7 000
3	7 000	22 000
4	3 000	18 000

Fig. 4.

elles continueront alors sur leur trajet à drainer les zones électrisées, mais nous aurons un isolateur massif et lourd (*fig.* 3).

Un autre procédé consiste à intercaler entre les grandes cloches de petites cloches qui se trouvant placées au meilleur endroit seront bien plus efficaces et draineront les zones restantes. Par ce moyen, nous utiliserons au mieux la matière et par conséquent nous aurons des isolateurs plus légers (*fig.* 4).

Epaisseur des cloches extrêmes. — Ces cloches drainant le plus grand nombre de surfaces maintiennent en elles la plus grande différence de potentiel, il faut donc qu'elles soient plus épaisses, surtout la cloche inférieure. Cette considération, souvent négligée par les constructeurs, est cause que *dans les essais* les perforations se produisent presque toujours à cette cloche.

Forme. — La forme des cloches est visiblement celle des zones électrisées, nous suivrons la trajectoire de la zone moyenne drainée par la cloche étudiée.

Remarque. — La forme des zones électrisées n'est pas

de révolution, c'est exact, mais il faut considérer que si l'on fait la cloche supérieure de révolution avec la tige comme axe et que si cette cloche est mouillée les zones électrisées prennent sous elle des formes sensiblement de révolution, et que par conséquent la forme ronde des cloches se trouve justifiée.

Si cette cloche n'est pas mouillée, en regardant la figure 2, on voit que, dans son plan, les cloches ont une bien moins grande tension à diviser, nous n'avons donc pas à nous en préoccuper.

Epaisseur du noyau. Vie de l'isolateur. — J'appelle *épaisseur du noyau* la plus petite distance séparant la tige de la ligne ou des conducteurs en rapport avec elle.

Cette distance minimum est celle qui détermine la vie de l'isolateur : plus elle sera grande, plus l'isolateur vivra.

Certaines expériences m'autorisent à croire que, pour une même substance, la durée d'un isolateur en alternatif croît avec le carré de l'épaisseur du noyau car le travail de désagrégation moléculaire par hystérésis dépend du carré de cette distance.

Construction. — Il y a avantage à employer des isolateurs en plusieurs pièces scellées par du ciment, qui, étant semi-conducteur, répartit plus uniformément les tensions mais en faisant jouer aux cloches le rôle de condensateurs en cascade. Nous savons que, dans ce cas, il y a lieu d'augmenter les épaisseurs des deux cloches extrêmes, ce que nous avions vu précédemment.

Il faut prohiber d'une façon absolue toute variation brusque de la section ce qui serait un point faible tôt ou tard.

Remarque 1. — Il y a trois genres d'isolateurs (*fig.* 5) :

1° Type pour courant continu : pôle *plus* à la gorge;

2° Type pour courant continu : pôle *moins* à la gorge;

3° Type pour courant alternatif qui est sensiblement la superposition des deux types à courant continu.

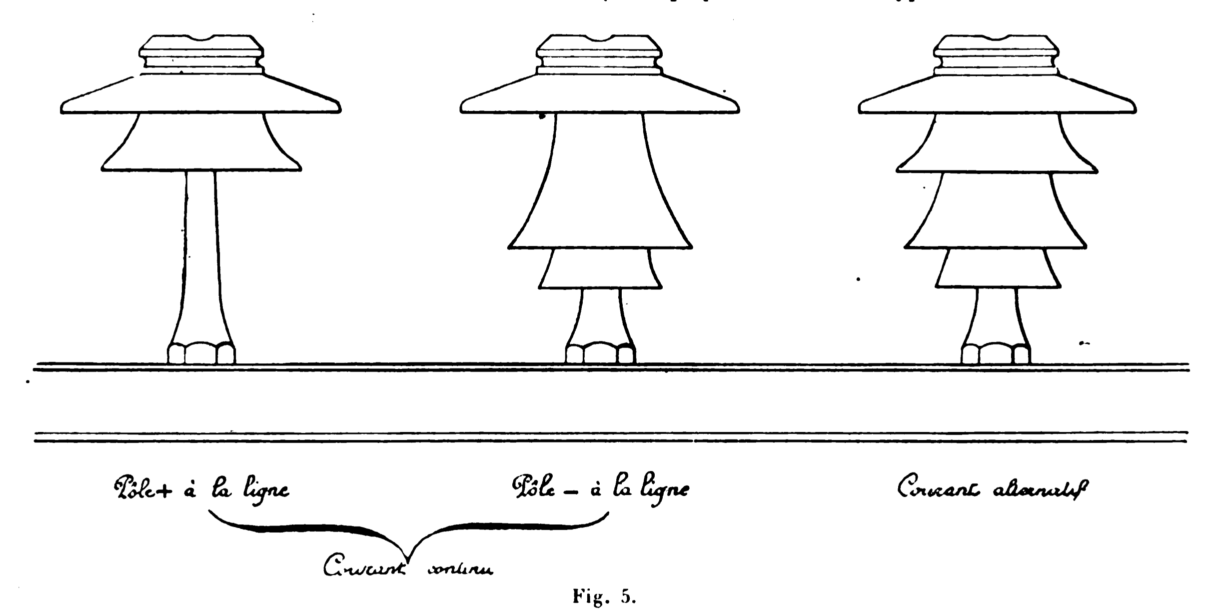


Fig. 5.

Remarque 2. — Les figures 1 et 2 ne cherchent pas à représenter la réalité bien plus complexe car il faut tenir compte de la longueur de la tige et du support de l'isolateur qui modifient complètement le champ électrostatique.

En modifiant simplement la longueur de la tige, j'ai obtenu sur un même isolateur, *avec le même trajet de l'arc*, des tensions d'amorçage variant de 58 000 à 72 000 volts, soit de 20 pour 100.

Ceci démontre en même temps combien est illusoire le système d'éclateur pour mesurer la tension : à une même distance explosive et avec des boules d'éclateur identiques peuvent correspondre en effet des tensions d'éclatement très différentes.

IV. Essais d'étude. — Voici notre isolateur construit, conviendra-t-il ?

Pour le savoir, voyons quelles conditions il doit remplir et comment il les remplit.

Questions économiques mises à part, il devra répondre à certaines conditions : 1° électriques; 2° mécaniques et physiques.

V. Conditions électriques. — 1° La ligne doit d'abord fonctionner, d'où : en temps normal, l'isolateur doit supporter sans défaillance la tension du réseau; par les intempéries, il doit en être de même; il doit résister aux surtensions dues au fonctionnement du réseau; les orages doivent produire le minimum de perturbations.

2° La ligne doit durer le plus longtemps possible, d'où : la désagrégation moléculaire de l'isolateur par le travail électrostatique doit être minimum.

3° Le rendement de la ligne doit être maximum, d'où : l'isolement ohmique doit être maximum même sous pluie; la capacité électrostatique de l'isolateur doit être minimum; la perte par échauffement due principalement à l'hystérésis doit être minimum; les pertes par effluves ou phénomènes du même genre doivent être minima.

VI. Essais électriques. — Pour nous rendre un compte aussi exact que possible de la façon dont les isolateurs satisfont aux conditions de service électrique, nous allons les soumettre à des essais rationnels.

Nous avons convenu plus haut que l'isolateur devait tenir la tension de service avec une sécurité déterminée, il nous faut donc vérifier cette condition tout d'abord en soumettant l'isolateur à une tension déterminée.

Transformateur d'essais. — Pour cela, il nous faut employer un transformateur de capacité électrostatique négligeable par rapport à sa puissance, transformateur capable d'allumer un arc réel à basse fréquence, quelle que soit la tension à laquelle on le fasse marcher.

La question du transformateur d'essais est très délicate : ainsi, j'ai eu en mains un transformateur, celui auquel j'ai déjà fait allusion, donné pour 150 000 volts, lequel ne pouvait que très difficilement et avec des précautions spéciales allumer un arc à 60 000 volts, au delà je n'avais que des décharges à haute fréquence.

VII. Essai a sec. — L'essai à sec pour l'étude de l'isolateur se fera sur des échantillons pris *individuellement*, montés sur des ferrures et des supports semblables à ceux qui serviront définitivement, un fragment de la ligne sera attaché comme en réalité sur l'isolateur et relié à un pôle du transformateur alors que l'autre sera relié au support qui, lui, sera mis à la terre.

On notera après quelques minutes l'intensité du bruissement qui devra être minimum et la tension à laquelle se produiront les phénomènes suivants : effluves, ramicelles, étincelles, aigrettes et arc.

L'isolateur dans cet essai doit rester intact, il sera d'autant meilleur que les phénomènes lumineux se produiront à une tension plus élevée et plus voisine de celle d'amorçage de l'arc.

On notera l'élévation maximum de température au bout d'une heure et le point où elle se produit, c'est cette région qui fatigue presque certainement le plus.

On mesurera avec un ampèremètre sensible placé sur le circuit haute tension le courant débité sur l'isolateur seul, il donnera une idée de sa capacité électrostatique et des pertes possibles. Cette mesure doit être faite avec beaucoup de soin par différence en branchant et débranchant l'isolateur tout en laissant le reste tel quel. Nous verrons dans la suite l'importance de cette donnée.

VIII. Essai sous pluie. — Quelle pluie adopter ?

La pluie naturelle la plus forte que j'ai jamais constatée (elle n'a duré qu'un instant) a été d'environ 40 mm à l'heure soit de 0,6 mm à la minute.

Une pluie de 10 mm par minute est 16 fois plus forte, elle est donc largement suffisante.

On la fera tomber de toutes parts à 45° sur l'isolateur et assez fortement pour que, sans tension, on aperçoive un petit brouillard sur l'isolateur, brouillard provenant de la pulvérisation des gouttes d'eau ce qui se produit naturellement dans les orages.

On laissera l'isolateur dans ces conditions quelques minutes, puis on le mettra sous tension jusqu'à ce que l'arc s'amorce; on recommencera cet essai plusieurs fois, en inclinant l'isolateur pour obliger l'eau de pluie à couler en un filet d'un seul point des cloches.

On vérifiera si la tension d'amorçage de l'arc est bien au moins 1,5 fois la tension de régime.

La durée de cet essai peut être quelconque; il n'y a aucune raison de le prolonger; si l'isolateur a résisté à l'essai à sec, il résistera sans défaillance à l'essai sous pluie.

IX. Essais aux surtensions. — Les surtensions sur les lignes proviennent des variations de l'état électrique de la ligne soit par suite de résonances dans la ligne, soit par le fonctionnement des appareils surtout des interrupteurs lors de la mise en service ou à l'arrêt de la ligne, soit par les effets de l'électricité atmosphérique.

Ces phénomènes se traduisent de trois façons :

1° La tension de la ligne atteint un maximum sans pourtant qu'une décharge se produise;

2° La surtension de la ligne produit une décharge en un point quelconque et cette décharge est :

a. Ou à basse fréquence;

b. Ou à fréquence élevée.

3° La ligne est foudroyée directement.

1° *La tension de la ligne atteint un maximum sans pourtant qu'une décharge se produise.* — Il se produira du bruissement, des effluves, des ramicelles ou des aigrettes suivant le cas et si le phénomène dure un temps appréciable, l'isolateur pourra s'échauffer plus ou moins sans qu'il n'y ait d'autre inconvénient.

Lorsque ce phénomène se produit, il est absolument comparable au feu Saint-Elme qui couronne les objets élevés en temps d'orage.

2° *Il se produit une décharge.* — *a.* Si elle est à fréquence relativement basse, elle amorce un arc qui peut se maintenir alors même que la tension de la ligne est retombée à sa valeur normale.

On pourrait croire alors que les dimensions de l'isolateur sont insuffisantes, ce qui n'est pas, car les dimensions de l'arc amorcé ne dépendent pas seulement de la tension, mais de l'énergie mise en jeu.

Avec un transformateur 80 kv-a, 200 000 volts j'ai fait des arcs de *quatre* mètres de long; la tension aux bornes du transformateur était de l'ordre de 25 000 à 30 000 volts seulement.

De telles dimensions d'arc atteintes avec une énergie relativement faible (en ce cas 25 kw au maximum) empêchent de songer à les couper par la taille de l'isolateur, c'est alors que les parafoudres des lignes doivent agir, l'isolateur admissible est impuissant.

Ici j'ouvre une parenthèse; voici quel mode de protection je préconisais :

Protection des lignes contre les surtensions. — A chaque poteau et chaque fois, sur une phase différente, je disposerais (*fig.* 6) en face de l'isolateur et en relation avec le sol un bras conducteur (servant d'ailleurs de parachute pour le fil); ce bras, placé assez voisin du *bord* de la cloche supérieure pour que, celle-ci étant mouillée, elle fasse avec le bras office d'éclateur. Ce bras se prolongerait ensuite comme la corne d'un parafoudre Siemens.

Il y aurait des chances pour qu'ainsi l'isolateur soit protégé contre l'échauffement de l'arc et ensuite pour que l'arc se souffle de lui-même.

Il est bien évident qu'il ne faut pas placer sur le même



pylône un protecteur sur chaque phase, car en cas d'amorçage d'arc sur les trois phases, il y aurait court circuit grave.

En plaçant un protecteur par pylône et chaque fois

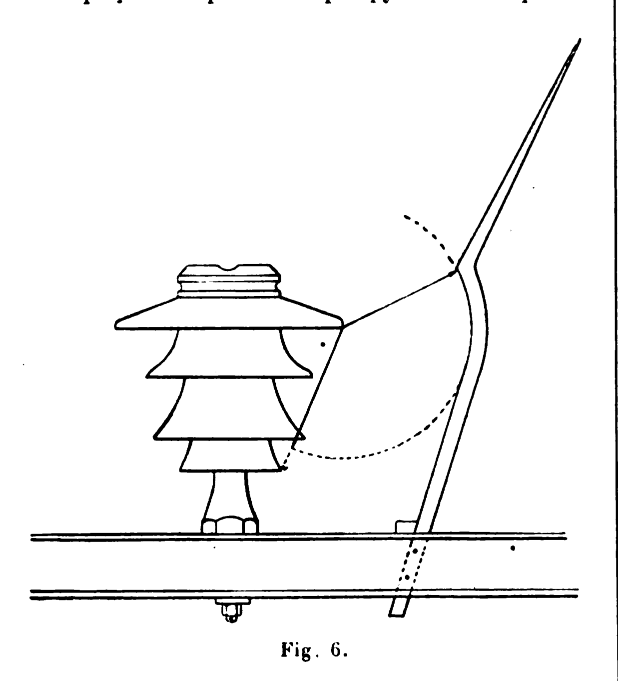


Fig. 6.

sur une autre phase, on introduit une résistance par la terre et surtout on évite l'amorçage simultané des arcs sur les trois phases. Ainsi, il y a plus de chances que la phase en surtension se décharge seule.

b. La décharge se produit à une fréquence élevée. Ce sont alors les capacités en ligne qui interviennent, la décharge se traduit non par un arc, mais par des étincelles d'autant plus bruyantes, brillantes et nombreuses que les capacités sont plus grandes.

En général, l'arc (phénomène de basse fréquence) ne s'amorce pas.

Ces étincelles sont, de tous les phénomènes, ceux qui fatiguent le plus l'isolateur : les effets mécaniques sont très brutaux; tout à fait comparables à des coups de masse sur l'isolateur qui peut, dans certains cas, être pulvérisé sans aucune trace de fusion.

C'est donc surtout la résistance de l'isolateur à ces phénomènes qu'il faut étudier.

J'ai dit que la puissance de la décharge dépendait des capacités en ligne, il nous faut donc réaliser une capacité de ce genre.

Voici comment on peut y arriver sans connaître numériquement la valeur de cette capacité.

Nous avons noté tout à l'heure avec l'ampèremètre le courant i de charge d'un isolateur; d'autre part, nous savons qu'il y aura N isolateurs sur la ligne la plus longue à mettre en service. Nous aurons une capacité semblable à celle de la ligne lorsque le courant de charge qui sera débité sera

$$I = Ni.$$

(Ce courant I n'a pas de rapport avec le courant J de mise en tension de la ligne même au départ de la ligne, car la self y intervient : ici, je n'en tiens pas compte.)

Pour réaliser cette capacité, nous n'aurons plus qu'à mettre sur les bancs d'essais et *voisins l'un de l'autre* un certain nombre d'isolateurs, nombre que nous déterminerons par tâtonnements jusqu'à ce que le courant de charge soit $I = Ni$.

Si nous faisons monter la tension, nous constatons la production de ces décharges à fréquence élevée.

En montant toujours la tension le nombre des étincelles croît de plus en plus vite. Leur crépitement de plus en plus rapide devient un sifflement insupportable jusqu'à ce que, si le transformateur est assez puissant, l'arc s'amorce.

Essai le plus important. — Dans ces conditions, ayant réalisé cette capacité, nous maintiendrons une tension aussi voisine que possible de l'amorçage de l'arc pendant 1 heure au moins après le dernier claquage d'isolateur.

Si les isolateurs tiennent à cet essai, nous serons *certains* d'avoir le maximum de sécurité sur les lignes, car, à part le coup de foudre direct, les isolateurs n'auront pas à subir d'efforts plus destructeurs.

Après cet essai, la surface des isolateurs devra être aussi peu attaquée que possible et ne devra en aucun point présenter d'éclats ou traces d'éraflures.

Remarque. — Il n'y a pas à s'inquiéter des résonances et ondulations de tension en ligne, ni des isolateurs placés sur des ventres de tension, car il y a un maximum de tension qui ne peut être dépassé : c'est celui d'amorçage des étincelles ou de l'arc et le maximum d'énergie mise en jeu est celui où toutes les capacités chargées à leur potentiel maximum se déchargent dans le minimum de temps (haute fréquence), minimum d'autant plus petit que nous avont éliminé la self de la ligne.

C'est donc bien *le cas le plus défavorable que nous venons de réaliser rationnellement.*

3° *Coup de foudre direct.* — Ce phénomène étant inconnu, il est impossible d'en parler. Tout ce qu'on peut dire : c'est que les bras parafoudres dont j'ai parlé comme protecteur contre les arcs auront des chances de protéger l'isolateur, la décharge suivant probablement ce chemin plutôt que de briser l'isolateur.

X. Essais d'isolement et de bris de cloches. — *Essai d'isolement.* — La résistance ohmique de l'isolateur doit être maximum. L'isolement par la masse de l'isolateur est pratiquement infini, mais il n'en est pas de même de son isolement superficiel lorsque la surface est malpropre.

Il faut donc que cette surface soit nette quel que soit son temps de service.

L'isolateur se souille par dépôt de poussières atmosphériques; pour empêcher ce dépôt, il faut une surface aussi peu adhérente que possible, c'est-à-dire très lisse.

L'émail ou la surface du verre devront être très beaux, sans fissures ou rainures; de plus, comme cet état doit se maintenir, il faut que l'émail ou le verre soient inattaquables aux agents atmosphériques, les émaux et verres basiques devront être éliminés.

Essai aux cloches brisées. — Il est intéressant de savoir

9...

aussi ce que pourra tenir l'isolateur si une ou plusieurs cloches viennent à être brisées.

On fera cet essai à sec et sous pluie.

On en tirera des conclusions parfois très intéressantes.

XI. Résumé de l'étude de l'isolateur au point de vue électrique. — On détermine d'abord la tension maximum que doit supporter l'isolateur à sec.

De cette tension découlent par théorie et étude les dimensions, la forme, le nombre de cloches de l'isolateur.

Essais. — 1° On essaie l'isolateur à sec à cette tension maximum en l'y maintenant le plus longtemps possible.

On pousse jusqu'à l'amorçage de l'arc, tension qu'on note en même temps que l'intensité du courant de charge pour un isolateur.

2° On fait l'essai sous pluie pour vérifier si la forme adoptée est convenable;

On constitue avec des isolateurs une capacité correspondante à celle de la plus longue ligne et l'on produit sur ces isolateurs des décharges oscillantes à une tension voisine de celle de l'amorçage de l'arc. Cet essai est maintenu 1 heure au moins après le dernier claquage.

Si l'isolateur répond victorieusement à ces essais, on peut l'adopter *en toute sécurité* au point de vue électrique.

Essais comparatifs. — Dans le cas où plusieurs types d'isolateurs sont présentés, le type supérieur sera celui qui aura donné les meilleurs résultats, c'est-à-dire dans l'ordre d'importance pratique :

Essai sous pluie. — Tension d'amorçage d'arc la plus élevée et la plus voisine de la tension d'amorçage de l'arc à sec.

Essai à sec à basse fréquence. — Tension d'amorçage de l'arc la plus élevée. Capacité minimum. Groupement le plus voisin de la tension d'amorçage des tensions d'effluves, d'étincelles, d'aigrettes.

Essai à haute fréquence. — Minimum de dégradations.

D'autres considérations peuvent intervenir : épaisseur du noyau, poids, etc. C'est à voir pour chaque cas, les renseignements ci-dessus ne servant que d'indications générales.

XII. Considérations mécaniques. — L'isolateur doit résister :

A. Aux efforts de la ligne :

a. Traction horizontale;

b. Traction verticale, arrachement;

c. Effort vertical dû au poids de la ligne.

B. Aux variations de température.

A. *Efforts de la ligne.* — *a.* Traction horizontale. — L'effort maximum que l'isolateur pourra subir dans ce sens est la tension de rupture des fils de la ligne. Cette tension est connue, l'isolateur devra y résister victorieusement.

Essai. — Pour le vérifier, on montera l'isolateur sur sa ferrure normale, et avec un simulacre de ligne monté comme en réalité, on produira cet effort en *rompant* la ligne par traction horizontale sur elle.

b. Traction verticale, arrachement. — L'effort maximum d'arrachement est celui que pourrait produire la ligne dans le cas où pour une raison quelconque l'isolateur perdrait la verticalité, c'est le même effort que précédemment, mais dans un sens perpendiculaire par rapport à l'isolateur.

Essai. — On produira cet effort en tirant d'une part sur la tige et d'autre part sur un simulacre de ligne fixé comme en réalité.

c. Effort vertical, écrasement. — L'effort maximum de la ligne dans ce sens est *deux fois* l'effort de rupture de la ligne (une fois de chaque côté de l'isolateur). Évidemment ce chiffre sera difficilement atteint : il faudrait que la ligne tombe verticalement de chaque côté de l'isolateur, mais on peut supposer la chute d'un arbre sur la ligne, un pylône renversé, etc., en tout cas, c'est l'effort d'écrasement maximum qui puisse être atteint, on pourra l'imposer aux essais.

Essai. — On produira, en retenant la tige, l'effort indiqué sur un collier placé comme le seraient les fils de la ligne.

Pour tous ces essais mécaniques, on écoutera avec soin : on ne devra entendre aucun craquement dans l'isolateur qui sera soumis ensuite après chaque épreuve, pendant 1 heure, soit à l'essai à haute fréquence dont nous avons parlé précédemment, soit à l'essai à haute tension après avoir été préalablement chauffé lentement à 90°-100°, et placé à cette température sur les bancs d'essais.

Ces épreuves sont nécessaires, car, fait curieux et parfaitement constaté, un isolateur fendu (mais non entièrement sectionné) tient presque toujours, à froid, à basse fréquence, *aussi bien que s'il était intact.* A haute fréquence, les étincelles désagrégent les parois de la fente et amènent la perforation révélatrice. A chaud, les fentes s'entrouvent et l'arc y passe aussitôt.

B. *Équilibre moléculaire interne. Variations brusques de température.* — Pour que les isolateurs ne se brisent pas spontanément il faut que l'équilibre moléculaire interne de la matière les composant soit parfait, il faut être sur du recuit des pièces, particulièrement pour les pièces en verre dont les dimensions et épaisseurs seraient importantes.

Pour les corps transparents, il existe un procédé très pratique : l'examen à la lumière polarisée, c'est pourquoi il faudrait, avec les isolateurs en verre, exiger l'emploi du verre transparent ou très peu coloré.

Pour les corps opaques, il n'existe pas de procédé scientifique connu, mais on peut en trouver quoique, pour la porcelaine, les effets de trempe sont bien moins importants, l'essai de variation brusque de température dont nous parlons ci-dessous peut être suffisant.

Variations de température. — Les isolateurs en ligne sont exposés à des variations rapides de température, il y a à craindre dans ces conditions des ruptures spontanées, d'autant plus possibles et graves que l'isolateur est plus grand et s'équilibre moins vite avec la température extérieure.

Pour être certain que l'isolateur résiste à ces effets, on le soumettra à un refroidissement brusque de 50° C.

Essai. — On placera les isolateurs montés sur leurs ferrures dans de l'eau chaude où ils séjourneront 30 minutes jusqu'à complet échauffement de leur masse, puis on les mettra rapidement dans de l'eau froide d'une température de 50° inférieure où on les laissera un temps



suffisant pour que le retrait entier de la matière ait eu le temps de se produire.

Les isolateurs ne devront présenter, après cette épreuve, ni fissure ni cassure, l'émail ne devra pas non plus présenter de craquelures.

Ils devront ensuite, une fois ressuyés, supporter sans défaillance soit l'essai à chaud, soit l'essai à haute fréquence dont nous avons parlé après les essais mécaniques.

Une fois tous ces essais terminés, on pourra adopter un type définitif d'isolateur, type qui répondra victorieusement aux exigences du service s'il a répondu à toutes les conditions que je viens d'énumérer.

XIII. Essais de réception. — Les essais de réception diffèrent essentiellement des essais d'étude qui sont des essais d'épreuve et ont pour but de *fatiguer l'isolateur à son maximum*, tandis qu'au contraire les essais de réception ne doivent servir qu'à *éliminer les pièces défectueuses* en fatiguant le moins possible les pièces qui serviront.

Les pièces qui ont servi aux essais d'étude ne doivent pas être utilisées, car il y a bien des chances de désagrégation moléculaire plus ou moins prononcée qui réduira la vie de l'isolateur.

Les essais de réception comportent :

1° D'abord *le contrôle de conformité* des pièces présentées au type choisi, conformité physique et bon aspect des isolateurs du lot proposé.

Puis on prélèvera, dans ceux qui paraîtront les moins beaux, un certain nombre de pièces auxquelles on fera subir tous les essais précédents : on devra obtenir des résultats comparables.

2° *Elimination des pièces défectueuses.* — On placera par petites quantités à la fois des pièces du lot sur les bancs d'essai et on les maintiendra 15 minutes sous une tension égale à 2,5 fois la tension de régime.

Cet essai portera sur la totalité des pièces à employer.

Et c'est tout, pas d'essais mécaniques, pas d'essais sous pluie, pas d'essais à haute fréquence : les essais d'étude nous ont donné des garanties suffisantes de ce côté.

J'ai voulu ici, non pas faire un article scientifique, puisque je m'adresse à tous, mais faire voir et saisir clairement ce qui se passe sur les isolateurs : il semble qu'actuellement, sur cette question, on nage dans l'inconnu. J'espère que cet article précisera les faits et donnera aux constructeurs de lignes à haute tension des bases qui leur permettront de travailler avec tranquillité et certitude sur le fonctionnement de leurs lignes.

Alexis Martin-Saxton,
Ingénieur.

CABLES.

Le câble haute tension à courant monophasé de la ligne de traction Dessau-Bitterfeld. Pose, exploitation et essais (1).

Les premiers renseignements sur cette ligne ont paru dans *La Revue électrique* du 30 août 1910, page 140, et du 9 février 1912, page 128. Les câbles haute tension Dessau-Bitterfeld ont pour but de transmettre l'énergie électrique, sous forme de courant monophasé à 60 000 volts, de l'usine génératrice située à Muldenstein à la sous-station de Bitterfeld; la distance entre le départ et

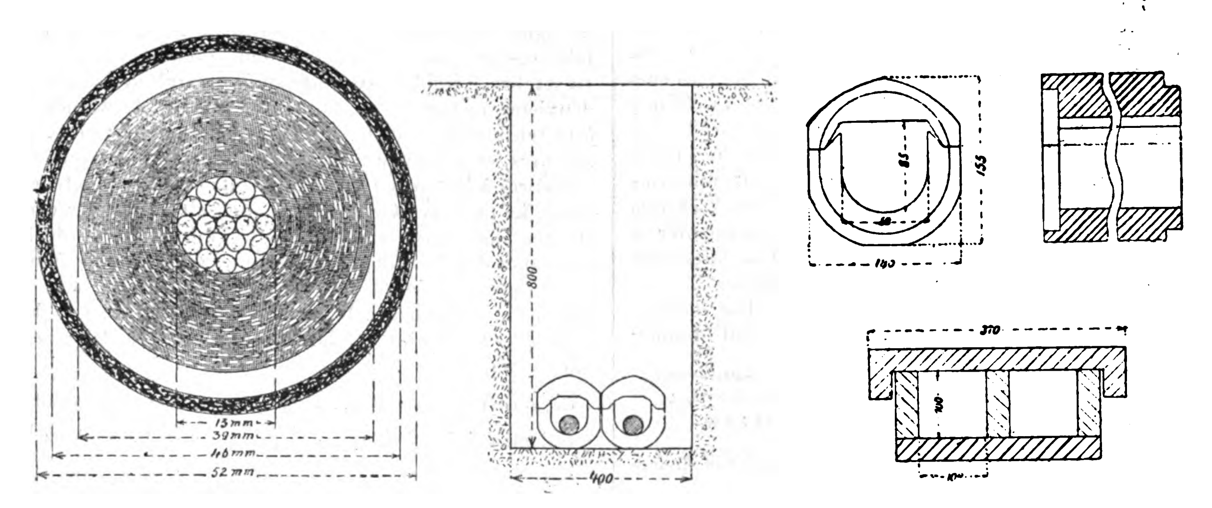


Fig. 1. — Coupe du câble Dessau-Bitterfeld à 60000 volts des Siemens-Schuckertwerke.

Fig. 2 et 3. — Coupes diverses des conduites en ciment et en bois du câble Dessau-Bitterfeld.

l'arrivée est de 4,3 km. La fréquence actuelle est de $16\frac{2}{3}$ p:s au lieu de 15 p:s adoptées primitivement; à Bitterfeld, la tension est abaissée de 60 000 volts à 10 000 volts directement appliqués au fil de travail; plus tard, on la portera à 15 000 volts. La ligne fonctionne dans ces conditions depuis le 1er avril 1911 et, après 1 an de service, M. Leo Lichtenstein a soumis le câble des

(1) Leo Lichtenstein, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIV, 2 janvier 1913, p. 3-8.

Siemens-Schuckertwerke à un nouveau contrôle dont les résultats font l'objet du présent article.

Description du câble. — Le conducteur est formé d'un toron de 19 fils d'aluminium, ayant un diamètre uniforme de 2,6 mm, de sorte que l'ensemble constitue une section de 100 mm². Le diélectrique est du papier imprégné; il a 13 mm d'épaisseur. Directement sur la chemise de plomb on a placé une couche de jute tanné et sur celui-ci de l'asphalte qui a été lui-même enduit de chaux. La figure 1 montre une coupe de ce câble.

L'intensité normale est de 240 ampères; elle ne doit pas élever la température du câble à plus de 25° C. au-dessus de l'ambiante. La puissance apparente que peuvent supporter les conducteurs est de 14 400 kv-A; la puissance vraie dépend évidemment du cos φ. Sous charge de 240 ampères, la chute totale de tension avec cos $\varphi = 0{,}9$ est d'environ 650 volts, c'est-à-dire 1,1 pour 100 de la tension de service. L'auteur montre que le choix de l'aluminium se justifie par des raisons de sécurité, car le champ est moindre, et par suite le diélectrique soumis à une moindre contrainte, quand le rayon du conducteur augmente. En effet, le champ à la surface du conducteur est donné par la formule

$$H = \frac{E}{r \log \frac{r+\delta}{r}};$$

$E = 30\,000$ volts, différence de potentiel entre ce conducteur et la terre; $r = 6{,}5$ mm, rayon du conducteur et $\delta = 13$ mm, épaisseur de l'isolant.

Le calcul donne ainsi $H = 4200$ volts efficaces par millimètre; un conducteur de cuivre équivalent aurait un diamètre de 4,75 mm, ce qui donnerait $H = 4790\,V_{eff}$: mm. la différence entre les gradients est donc 14 pour 100. Naturellement pour conserver à ceux-ci des valeurs identiques, il faudrait porter l'épaisseur de l'isolant à 16,7 mm pour le conducteur en cuivre; mais alors le diamètre intérieur de l'enveloppe augmenterait de 39 mm à 42,9 mm. Si le champ était rigoureusement uniforme dans le diélectrique sa valeur serait $\frac{30000}{13} = 2300\,V_{eff}$: mm. L'inégalité du champ a donc pour effet d'augmenter la contrainte électrique de 82,5 pour 100. Ces faits sont bien connus, dit l'auteur; mais il est toujours bon de les faire ressortir par un exemple concret. Les mesures effectuées à l'atelier sur le câble terminé ont donné :

Résistance d'isolement....	3000 mégohms : km. à 15°C.;
Résistance ohmique......	0,275 ohm : km, à 15°C.;
Capacité................	0,169 microfarad : km.

On a déduit de ces mesures, pour la constante diélectrique, $k = 3{,}35$.

L'usine fournit le câble par tronçons de 750 m qui sont raccordés sur place au moyen de manchons dont la position ne se trahit que par un léger renflement dû à la couche de papier isolant un peu plus épaisse dont il faut pourvoir les emboîtements pour leur conserver la même rigidité diélectrique qu'au reste du câble. Les deux câbles sont posés dans des conduites en ciment garnies de sable, au fond d'une tranchée de 0,80 m de profondeur. Pour la traversée des ponts, ils sont simplement posés dans des caisses en bois à deux compartiments. Les figures 2 et 3 donnent des coupes de ces différents dispositifs. Aux ancrages du terminus de Bitterfeld on a pris exactement les mêmes précautions que pour les manchons; mais, de plus, on a coiffé les extrémités des câbles d'isolateurs en porcelaine.

Les travaux de pose ont été faits d'octobre à décembre 1910, par une température moyenne de + 5° C.; au moment de la confection des épissures, le thermomètre a varié de — 2° à — 5° C. Cette basse température explique les résultats suivants donnés par les mesures effectuées une fois l'installation terminée :

Résistance d'isolement........	8620 mégohms : km;
Résistance ohmique...........	0,265 ohm : km;
Capacité.....................	0,1705 microfarad : km;

Avant la mise en service définitive, on a éprouvé séparément les conducteurs d'aller et de retour à la tension de 50 000 volts par rapport à la terre (soit 100 000 volts entre conducteurs), pendant 15 minutes. Le courant de charge était :

$$J = 2\pi \times 16\tfrac{2}{3} \times 500000 \times 0{,}170 \times 4{,}3 \times 10^{-6} = 3{,}83 \text{ amp},$$

soit une charge apparente de 190 kv-A.

Le contrôle auquel s'est livré l'auteur avait pour principal objectif la constatation du vieillissement ou de la fatigue du câble, fatigue qui devait naturellement se trahir par une altération des constantes électriques. Comme on le verra par la suite, après un service d'une année, l'état du câble s'est retrouvé à peu près identique à ce qu'il était au moment de sa mise en fonctionnement.

Essais effectués sur le câble Dessau-Bitterfeld. — Les premiers ont eu lieu du 10 au 13 octobre 1912. Comme la ligne fonctionne de 5 h 30 m à 24 h 45 m, il a fallu opérer entre 1 h et 4 h 30 m. Première mesure le 10 octobre, à froid, c'est-à-dire après un arrêt de 48 heures; deuxième mesure le 11, après une marche de 20 heures à la tension de 33 000 volts entre conducteurs; arrêt de 4 heures, et troisième mesure le 12, après une marche de 20 heures à la tension de 60 000 volts entre conducteurs. Jusqu'ici on n'avait constaté aucune altération des constantes électriques, c'est-à-dire de la capacité et de la résistance d'isolement; c'est pourquoi on a procédé à un quatrième essai le 13 octobre après un service ininterrompu de 20 heures à la tension de 66 000 volts et les résultats obtenus ont été identiques à ceux des trois premières mesures :

Capacité kilométrique............		0,1685 microforad	
Isolement kilométrique....	min.	1300	mégohms
	max.	2350	
Température du sol..............		12°,5 C.	
Excès de temps du conducteur		0°,8 et 0°,6 C.	

On déterminait la capacité et la résistance d'isolement par la méthode du galvanomètre à miroir; la résistance était le quotient de la tension et du courant fourni par quelques accumulateurs. Un thermomètre enfoui à 0,70 m de profondeur indiquait la température du sol. Si l'on compare les nombres ci-dessus avec ceux trouvés immédiatement après la pose, on remarque qu'ils présentent une certaine différence, mais qui s'explique très bien, dit l'auteur, si l'on tient compte des températures auxquelles on a opéré :



4° C. à la pose, 12°,5 C. après un service de 1 an. De même, le détail des mesures d'isolement révèle des différences d'abord entre le conducteur d'aller et le conducteur de retour, puis, pour un même conducteur, des variations journalières qu'il faut attribuer aux changements de conductivité des accessoires en porcelaine, des ancrages aux terminus et au manque de précision des mesures.

Une deuxième série d'essais a été entreprise après avoir soumis le câble à un service journalier de 20 heures consécutives pendant 4 semaines et demie à la tension de 66 000 volts. On a trouvé, les 17 et 23 décembre 1911 :

Capacité kilométrique	0,169 microfarad	
Isolement kilométrique	min. 3650 / max. 8450	mégohms
Température du sol	4° C.	
Excès de température du conducteur	0°,1 et 0°,5 C.	

Ici encore, les différences peuvent être mises sur le compte de la température, ce qui amène l'auteur à cette conclusion qu'il n'a constaté ni une altération des constantes électriques du câble, ni un échauffement sensible par suite de l'hystérèse diélectrique. Ce résultat est très important, car il semblerait indiquer que le réseau Muldenstein-Bitterfeld n'est pas soumis à une contrainte exagérée. Il n'est pas possible, en effet, d'être très affirmatif sur ce point, car les phénomènes qui se déroulent dans le diélectrique ont été peu étudiés, et il n'est pas possible d'affirmer que cette absence d'échauffement par hystérésis diélectrique (chaleur de Siemens) suffit pour nous convaincre que l'isolant du câble travaille réellement dans de bonnes conditions de conservation. Pour élucider cette question, l'auteur a réalisé les essais que nous rapportons ci-dessous.

Recherches sur l'échauffement d'un câble par hystérèse diélectrique. — L'auteur s'est servi d'un câble type KB 240 dont les spécifications sont conformes à celles du câble de Bitterfeld : diamètre du conducteur (toron de fils de cuivre), 20 mm; épaisseur de l'isolant, 15 mm; un échantillon de 50 m de longueur fut soumis, pendant 4 semaines, nuit et jour sans interruption, à une tension de 50 000 volts entre l'âme et la chemise de plomb. Les extrémités avaient été convenablement isolées pour éviter les décharges latérales. L'intensité maximum du champ atteignait 5460 V_{eff} : mm, c'est-à-dire près de 30 pour 100 de plus que celui du câble de Bitterfeld. Si, comme première approximation, on admet que les pertes par hystérésis croissent comme le carré du champ et qu'on prenne alors comme mesure de la contrainte du diélectrique l'énergie électrique transformée en chaleur par hystérèse, on arrive à cette conclusion que, à fréquence égale, la contrainte imposée au câble actuel était 70 pour 100 plus grande que celle du câble de Bitterfeld; de plus, l'essai de durée a été réalisé à la fréquence 50 p : s contre $16\frac{2}{3}$ p : s à Bitterfeld.

Au lieu de déterminer la température moyenne d'après l'augmentation de résistance du cuivre, il a paru préférable de sonder l'enveloppe de plomb pour repérer les points faibles et installer des thermomètres en ces points. Or, ce procédé n'a jamais révélé, pour l'enveloppe de plomb, un excès de température sur l'ambiante supérieur à 1°,5 ou 2° C. après un fonctionnement de 4 semaines; il ne saurait donc dans ces conditions être question d'un maximum. La température de l'air était environ 17°,5 C. et, circonstance aggravante pour le refroidissement du câble, celui-ci était enroulé en une couche sur un tambour; il est évident que, posé normalement dans le sol, il aurait subi une élévation de température bien moindre encore. Pour 2° C. mesurés sur le plomb, on pouvait prévoir 5° à 6° C. pour le cuivre, déduction justifiée par d'autres expériences : ce qui indiquerait une dissipation d'énergie sous forme de chaleur de 2,26 kw : km. Or, les expériences de Höchstädter [1] ont donné un dégagement de chaleur dans le diélectrique de 2 kw : km pour un câble type KB 50, épaisseur d'isolant 13 mm, tension 50 000 V_{eff} ou 70 000 V_{max}, fréquence 50 p : s. Ces résultats présentent donc une concordance satisfaisante, car l'auteur a déduit ce chiffre de pertes, en se basant sur les pertes par effet Joule dans le câble lorsque celui-ci est chargé à son régime normal de 480 ampères quand il est enfoui dans le sol et $\frac{3}{4} \times 480 = 360$ ampères quand il est à l'air libre. La perte d'énergie était alors 9 kw : km et la surélévation de température 25° C. D'où, $\frac{9,4}{25} \times 6 = 2,26$ kw : km, pour les pertes en service de longue durée sous 50 000 volts efficaces. Elles concordent avec celles indiquées par Höchstädter [2] pour un câble type KB 50, épaisseur d'isolant 13 mm, tension 50 000 volts efficaces ou 70 000 volts maximum, fréquence 50 p : s, à savoir 2 kw : km. La petite différence provient de la diversité même des câbles et elle ne peut altérer les conclusions.

C'est donc avec confiance qu'on peut envisager, notamment pour l'installation Muldenstein-Bitterfeld, l'introduction de câbles simples pour une tension de 60 000 volts en courant monophasé et 52 000 volts en courant triphasé; dans les deux cas la différence de potentiel des conducteurs par rapport à la terre est de 30 000 volts. Est-il possible de dépasser ces tensions? Quelle est la limite d'emploi des câbles triphasés torsadés? Une réponse à ces questions semble actuellement encore prématurée; l'auteur se contente d'insister sur l'intérêt éminemment pratique que présente la fabrication de câbles simples pour 60 000 volts au point de vue de l'électrification des grandes lignes de chemins de fer.

Epreuves à faire subir aux câbles, principalement après pose. — Le désaccord le plus complet règne parmi les spécialistes relativement à la tension d'essai qui convient le mieux aux câbles. En France et en Angleterre, on exige trois fois la tension normale pour les essais à l'usine et deux fois seulement pour les essais sur le câble posé; les règlements du Verband Deutscher Elektrotechniker ne multiplient la tension normale que par 2 et 1,25. Cependant, en Allemagne aussi, se dessine un mouvement en faveur d'une tension plus élevée et l'on va même jusqu'à prétendre qu'un essai de recette n'est pour ainsi dire jamais assez dur; car, parallèlement à ces tensions exorbitantes, on exige aussi des épreuves à l'eau sous pression. Or, l'auteur se déclare l'adversaire de cette dernière pratique qui, non seulement augmente le prix du câble, mais en résumé ne répond à rien ou même est directement

(1) *La Revue électrique*, t. XIV, 1910, p. 368-375.
(2) *Ibid.*, *fig.* 13, p. 374, câble VIII *b*.

préjudiciable au câble. Les prescriptions actuelles lui paraissent largement suffisantes pour tous les câbles jusqu'à 20 000 volts inclusivement; au-dessus de cette tension, il fait les remarques suivantes : Supposons qu'il s'agisse d'un câble torsadé pour 30 000 volts triphasés. On peut l'essayer à l'usine morceau par morceau, sous 60 000 volts ou même pousser, si l'on veut, jusqu'à 90 000 volts triphasés. Pour qu'il sorte indemne de cette dernière épreuve, il faut le construire avec une épaisseur d'isolant plus grande que pour un essai à 60 000 volts, mais alors son prix de revient est augmenté proportionnellement. Que si l'épreuve sous 90 000 volts paraît réellement nécessaire, ne suffirait-il pas de se limiter à une application de 60 000 volts, complétée de quelques expériences de disrupture sur de petits bouts de câble pour démontrer la qualité du câble et donner toute garantie qu'il n'y a aucun vice de fabrication? L'auteur est tout à fait de cet avis. Quant au câble tout installé, son contrôle sous une tension de 50 000 volts alternatifs présente, dans la plupart des cas, des difficultés techniques énormes; pour s'en convaincre, il suffit de se rappeler que la charge apparente de la ligne de Bitterfeld, sous 50 000 volts et 50 p : s, était de 570 kv-A; or, cette ligne n'a que 4,3 km de longueur en câble simple. Le plus souvent, quand on emploiera de hautes tensions, les distances seront plus longues aussi et l'on se gardera bien de les sectionner parce que, dans ces conditions, les manchons de raccordement échapperaient sans cesse à tout contrôle. Pour une portée de 8 km sous 60 000 volts, la charge apparente serait déjà 1500 kv-A, ce qui exigerait un matériel énorme, en sorte que les essais deviendraient irréalisables sauf les cas particuliers où l'usine génératrice elle-même fournirait l'énergie nécessaire. Si l'on tient cependant à l'essai de tension, il est préférable alors de recourir au courant continu et, dans ce cas, le redresseur ou contact tournant de Delon [1] est l'appareil qui convient le mieux puisque, sous le minimum d'encombrement, il permet de réaliser des tensions de 150 000 volts et au-dessus, c'est-à-dire de compenser, par l'élévation de la tension, l'absence d'une puissance alternative suffisante. Tandis qu'aux essais à l'usine incombe la tâche d'éliminer les défauts de fabrication le but des essais après pose est de déceler et de parer aux défauts survenus au cours de l'installation; et ce rôle semble parfaitement rempli par le courant continu, à condition toutefois de se fixer une tension assez élevée et une durée d'application suffisamment longue. L'auteur affirme, d'après son expérience personnelle que « le pouvoir disrupteur » de l'appareil de Delon répond largement à toutes les exigences; il désirerait seulement voir élever de 5 kw à 15 kw la puissance du groupe transformateur qui fait partie intégrante du dispositif Delon. Le principe de l'essai en courant continu admis, il n'en reste pas moins indiqué que les essais à l'usine auront toujours lieu avec du courant alternatif. En terminant l'auteur déclare que ces considérations n'ont d'autre but que de provoquer une discussion publique sur la question de l'essai en courant continu des câbles après pose.

B. K.

[1] Le contact tournant de Delon est décrit dans *La Revue électrique* du 15 juin 1909, p. 434.

Inconvénients qui résultent de la pose des conducteurs de courant alternatif dans des tubes de fer séparés [1].

Les prescriptions émanées de toutes les Sociétés d'électriciens, et notamment du Verband Deutscher Elektrotechnicker, spécifient expressément que tous les conducteurs et câbles pour courants mono ou polyphasés afférents à un même circuit doivent tous être logés dans la même enveloppe de fer, tant qu'on n'a pas prévu d'autres dispositifs pour éviter un échauffement dangereux de cette enveloppe. L'explication physique de l'élévation de température est la suivante : le champ magnétique est renforcé par la présence du fer et de l'acier, et il induit, dans les parties massives, des courants de Foucault qui donnent lieu à des pertes additionnelles et à des phénomènes calorifiques, qui ne se remarquent plus quand les conducteurs aller et retour en courant monophasé ou les trois phases en courant triphasé sont juxtaposés sous la même armature, parce que les actions individuelles des conducteurs se compensent. Au point de vue de la sécurité du fonctionnement, ce sont seulement les manifestations calorifiques résultant de la pose séparée qui sont susceptibles de causer de l'inquiétude; c'est pourquoi il y est fait exclusivement allusion dans les règlements sans tenir compte des pertes. Cependant pour le consommateur celles-ci sont fort désagréables, soit qu'on envisage les pertes de tension ou les pertes d'énergie; les premières influencent la marche des lampes et des moteurs, les autres constituent une dépense inutile.

L'auteur s'est donc proposé d'apprécier numériquement ces pertes. A cet effet, il plaçait un câble de 70 mm² de section successivement dans des tubes de différentes natures et y lançait des courants variables en intensité, mais de fréquence constante 50 p : s. On mesurait la chute de tension et la perte d'énergie de la portion cuirassée au moyen d'un voltmètre et d'un wattmètre. Pour faciliter les comparaisons, tous les résultats ont été rapportés à l'intensité normale du conducteur, soit 200 ampères; et à une longueur de 10 m; on a aussi relevé les pertes en courant continu, mais sans l'enveloppe, et l'on a convenu de les représenter par 1 pour 100. Les autres mesures sont rapportées à celles-ci prises pour unité. La température du conducteur se déduisait de la mesure de la résistance à froid et à chaud, après un fonctionnement prolongé à 100 ampères. En courant alternatif la chute de tension ohmique est le quotient de la lecture au wattmètre par la lecture à l'ampèremètre, et la chute inductive est la différence géométrique entre la chute totale mesurée au voltmètre et la chute ohmique. Les résultats sont consignés dans le Tableau ci-dessous.

Nous ferons remarquer que dans le conducteur sous papier et cuivre, la chute de tension est 25 pour 100 plus forte qu'en courant continu; or les conducteurs aller et retour étaient distants de 5 cm; en les rapprochant jusqu'au contact, on aurait encore pu réduire beaucoup la chute de tension inductive, de sorte que, finalement,

[1] L. Bloch, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIV 20 février 1913, p. 207-209.



TABLEAU I. — *État d'une ligne en fils G. A. de 70 mm² de section posée dans des tubes séparés.*

	DIMENSIONS.		FILS G. A. DE 70 mm² DE SECTION A 200 AMPÈRES.						ÉCHAUFFEMENT du fil	
			Chute de tension pour 10 m. de longueur				Perte pour 10 m. de longueur			
	Diamètre extérieur du tube en mm.	Épaisseur de l'enveloppe en mm.	ohmique.	inductive.	totale.	relative en pour 100	en watts.	en pour 100.	mesuré à 100 ampères.	calculé à 200 ampères.
Courant continu :										
Conducteur nu	—	—	volts 0,52	—	volts 0,52	1,0	104	1,0	°C. 5	°C. 20
Courant alternatif :										
Tube de papier avec enveloppe en cuivre	mm 28,5	mm 0,2	0,56	volts 0,32	0,65	1,25	112	1,08	7	28
Tube de papier avec enveloppe en fer galvanisé	28,5	0,25	0,80	1,95	2,1	4,0	160	1,54	10	36
Tube d'acier	28,3	1,7	3,75	4,7	6,0	11,5	750	7,2	29	57
id.	37	2,0	4,9	3,85	6,25	12,0	980	9,4	23	69
id.	47	2,5	5,2	2,1	5,6	10,7	1040	10,0	22	83
Tube d'acier refendu	28,3	1,7	0,89	1,88	2,08	4,0	178	1,7	9	36

cette disposition donnerait des chutes parfaitement admissibles. Pour les tubes de fer et d'acier les résultats sont notoirement mauvais; puisque, pour l'un de ceux-ci, la chute de tension totale et la perte d'énergie sont dix fois supérieures à celles observées en courant continu. Le tube d'acier refendu sur toute sa longueur n'a pas un meilleur rendement que le tube papier et cuivre; l'opération présente d'ailleurs beaucoup de difficultés sur un câble posé.

Si l'on construit des graphiques en portant en abscisses les intensités du courant et en ordonnées les chutes de tension en volts, on obtient des courbes dont l'allure générale rappelle celle des courbes d'aimantation. Pour le tube papier et fer galvanisé, le genou et la saturation sont atteints déjà pour une très faible intensité, 25 ampères; tandis qu'il faut 200 ampères au moins pour saturer le tube d'acier de 28,3 mm de diamètre.

La pose des conducteurs dans des tubes de fer séparés a-t-elle les mêmes conséquences néfastes aux faibles intensités, 31 ampères par exemple? Les essais ont porté sur un conducteur de 6 mm² de section soumis à son régime normal de 31 ampères et 50 p : s. Les résultats observés sont consignés dans le Tableau II. Le tube de papier et fer galvanisé produit une chute de tension de 20 pour 100 plus grande que celle due au courant continu; la perte d'énergie est 9 pour 100. Sous tubes d'acier, les conducteurs éprouvent une chute de tension et une perte d'énergie 2,5 fois plus forte en courant alternatif qu'en courant continu. L'excès de température n'est pas considérable.

TABLEAU II. — *État d'une ligne en fils G. A. de 6 mm² de section posée dans des tubes séparés.*

	DIMENSIONS.		FILS G. A. DE 6 mm² DE SECTION A 31 AMPÈRES.						ÉCHAUFFEMENT du fil mesuré à 31 ampères.
			Chute de tension pour 10 m. de longueur.				Perte pour 10 m. de longueur		
	Diamètre extérieur du tube.	Épaisseur de l'enveloppe.	ohmique.	inductive.	totale.	relative en pour 100	en watts.	en pour 100.	
Courant continu :									
Conducteur nu	—	—	volts 0,94	—	volts 0,94	1	29,1	1,0	°C. 8
Courant alternatif :									
Tube de papier avec enveloppe en fer galvanisé	mm 18,7	mm 0,2	1,02	volt 0,48	1,13	1,2	31,7	1,09	15
Tube d'acier	18,6	1,5	2,3	0,94	2,48	2,65	71,5	2,45	19
Tubes d'acier éclissés électriquement	18,6	1,5	2,01	0,40	2,05	2,2	62	2,15	17

On cherche souvent à remédier aux conséquences fâcheuses qu'entraîne la séparation des conducteurs dans des tubes distincts en éclissant électriquement les tubes des conducteurs aller et retour en courant monophasé ou les tubes des trois phases en courant triphasé. L'auteur a voulu établir aussi expérimentalement la valeur de ce procédé. Or l'éclissage électrique annule entièrement la tension induite dans le tube, et réduit

d'une façon sensible la chute de tension inductive dans le conducteur lui-même; mais, comme le montrent les chiffres de la dernière ligne horizontale du Tableau ci-dessus, la diminution des pertes d'énergie et de la chute de tension totale est plutôt médiocre; quant à l'échauffement, on ne constate pas de différence avant ou après l'éclissage qui, en résumé, ne présente aucun intérêt pratique.

De toutes ces expériences, il résulte finalement que, dans tous les cas où s'imposera la séparation des conducteurs, il faudra les loger dans des tubes de papier protégés par une enveloppe de laiton. B. K.

Note sur l'échauffement des câbles (¹).

La charge à admettre dans un câble isolé peut être calculée théoriquement en se basant sur la résistivité thermique de la substance isolante et les propriétés de la surface externe au point de vue du rayonnement. L'auteur montre que les données nécessaires peuvent s'obtenir pour les divers types d'isolement en effectuant des expériences convenables sur le câble lui-même; on emploie la méthode classique de Desprctz exposée dans tous les ouvrages sur la chaleur. Si nous supposons qu'on chauffe l'extrémité d'un câble assez long pour que l'autre extrémité reste à la température ambiante, on arrive à un état stationnaire pour lequel une relation mathématique existe entre l'élévation de température θ en un point, au-dessus de la température ambiante, et la distance x de ce point à l'extrémité chaude.

Cette relation s'exprime par l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} = \mu^2\theta p,$$

où

$$\mu^2 = \frac{k_1}{S(\Sigma r + r_e)},$$

k_1 = résistivité thermique du conducteur,
S = section du conducteur,
p = constante,
Σr = résistivité thermique totale de la couche isolante par pouce de longueur du câble,
r = résistivité thermique externe par pouce de longueur.

Pour des températures inférieures à 100° C., p est pratiquement égal à 1, et l'équation s'écrit

$$\log_e\theta = -\mu x + \log_e\theta_1,$$

θ_1 est l'élévation de température pour $x = 0$.

En plaçant des couples thermo-électriques dans de petits trous percés dans la couche isolante en différents endroits, il est possible d'obtenir θ et par suite μ. En prenant en outre la température de la surface externe du câble, on peut déterminer séparément Σr et r_e.

On a opéré sur divers types de câbles et l'on a trouvé pour k (résistance thermique par pouce cube), les valeurs suivantes selon les matériaux employés comme isolants :

Caoutchouc et tresse coton	250
Chatterton et tresse imprégnée	400
Chatterton et couche de plomb	300

Pour la résistivité thermique des surfaces externes, on a trouvé les valeurs suivantes (résistance par pouce carré) :

Armature d'acier peinte au brai	100
Coton	120
Plomb ordinaire	190
Plomb peint en noir	140

Un fait très frappant, doit être noté : c'est l'influence de la peinture sur les propriétés rayonnantes de l'enveloppe de plomb.

Ces données ont été utilisées pour déterminer l'intensité à admettre dans des câbles isolés au caoutchouc et à la tresse imprégnée et tendus dans l'air. On a démontré que la relation suivante relie l'intensité i, la surface S de la section droite, le diamètre D du câble

$$\log\left(\frac{i}{S}\right) = N\log\left(\frac{D}{S}\right) + B,$$

où N est une constante pour chaque type de substance isolante et où B dépend de l'élévation de température.

Les propriétés rayonnantes de la surface externe ont en général beaucoup plus d'influence que la résistance thermique de l'isolement. L'importance des pertes de chaleur par la surface est par suite capitale dans la détermination des charges admissibles.

(¹) Paul Dushman, *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, février 1913, p. 165.

RELAIS ET DISJONCTEURS.

Réglage des relais et des disjoncteurs.

Dans un récent rapport présenté à la Commission technique du Syndicat professionnel des Usines d'électricité, M. Nicolini a traité la question du réglage des interrupteurs automatiques plaçés en série sur une canalisation (¹).

Peut-être n'est-il pas inutile de donner quelques renseignements qui viennent confirmer les conditions pratiques et matérielles mentionnées dans ce rapport si documenté.

En pratique, le réglage des interrupteurs automatiques placés en série sur une canalisation dépend essentiellement de la nature du réseau alimenté par la centrale, et l'on ne peut arriver à la détermination de ce réglage dans chaque cas particulier que par tâtonnement.

Sur un important réseau de la banlieue, après plusieurs mois de recherches, on est arrivé à un fonctionnement très satisfaisant des disjoncteurs des feeders usine et feeders sous-stations, et un court circuit dans une direction quelconque n'intéresse plus que le disjoncteur du feeder avarié. Il est bien entendu que cette sélection de la partie avariée du reste du réseau n'empêche pas certains phénomènes, tels que les surtensions, de se produire sur

(¹) Voir *La Revue électrique*, t. XVIII, 9 août 1912, p. 110-117.



les autres canalisations, mais ces perturbations ne sont que momentanées et, du reste, elles peuvent être singulièrement amorties par des dispositifs spéciaux tels que les limiteurs de tension, les condensateurs, les soupapes électriques système Giles, etc.

Le montage d'une sous-station qui se trouve placée en série sur une canalisation n'est pas indifférent au bon fonctionnement des disjoncteurs placés sur cette canalisation.

Si nous considérons le montage de cette sous-station, tel qu'il est indiqué (*fig.* 1), on voit facilement que,

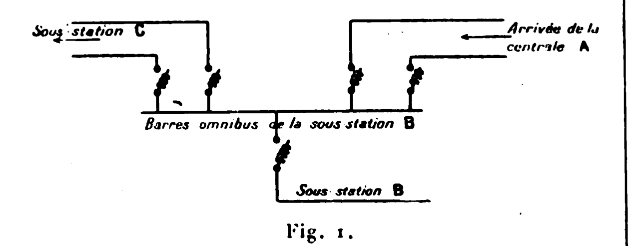


Fig. 1.

si un court circuit vient à se déclarer en un point quelconque entre la centrale A et la sous-station C, il aura comme conséquence l'arrêt des deux sous-stations B et C.

C'est ce qui s'est produit récemment à notre connaissance sur une ligne aérienne haute tension, du fait d'une menue branche d'arbre tombée sur cette ligne laquelle, agitée par le vent, a produit une série de courts circuits intermittents entre phases, interrompant ainsi les services force et lumière de toute une région.

C'est ce qu'il faut éviter.

Le montage indiqué (*fig.* 2) n'offre pas cet inconvénient;

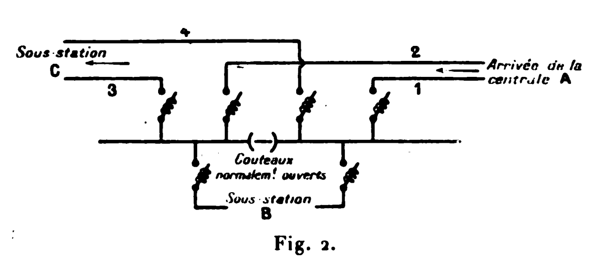


Fig. 2.

avec cette disposition, l'alimentation de la sous-station B se fait normalement par le câble 1 tandis que celle de la sous-station C est assurée par les câbles 2 et 3.

En cas d'avarie à l'un quelconque des câbles d'alimentation, l'arrêt se trouve réduit au minimum puisque la mise en service de la sous-station intéressée ne nécessite que la fermeture d'un disjoncteur.

Les sous-stations B et C de la figure 2 sont branchées en parallèle sur le réseau.

De même dans un réseau bouclé, afin d'assurer le maximum de sécurité du fonctionnement des disjoncteurs placés en série, il y a intérêt à ne pas assurer l'alimentation des différentes sous-stations en boucle fermée, comme on a l'habitude de le faire sur certains réseaux de distribution, tels que ceux constitués par des postes de transformateurs alimentant les différents quartiers d'une ville.

Cette façon de procéder est recommandable dans ce dernier cas, soit pour compenser la chute de tension dans les canalisations, soit pour continuer à assurer l'alimentation des différents postes de quartier, malgré une avarie survenue à un câble reliant entre eux deux postes; au contraire, pour des sous-stations reliées entre elles par un réseau bouclé, ces inconvénients n'existent pas et le maximum de sécurité de marche consiste à alimenter les sous-stations montées sur un réseau bouclé avec la boucle ouverte et conformément au schéma de la figure 2.

Méthode de réglage. — Les relais d'intensité fermant le circuit des bobines de déclanchement des disjoncteurs, sont ordinairement montés en série dans le secondaire d'un transformateur d'intensité, soit avec un ampèremètre, soit avec un ampèremètre et l'enroulement gros fil d'un compteur.

L'introduction d'appareils tels qu'ampèremètre, compteur, wattmètre, dans le secondaire d'un transformateur d'intensité n'est pas nuisible au bon fonctionnement de la bobine du relais et n'influe pas sur son réglage, à condition que le régime du transformateur soit supérieur au $\frac{1}{10}$ de la charge normale et que la résistance ohmique des appareils que l'on introduit dans le secondaire des transformateurs d'intensité ne dépasse pas 1 ohm; si l'on dépasse cette limite, l'erreur en ampères sur un transformateur bien conditionné peut atteindre 4 pour 100 au $\frac{1}{10}$ de la charge (*fig.* 3).

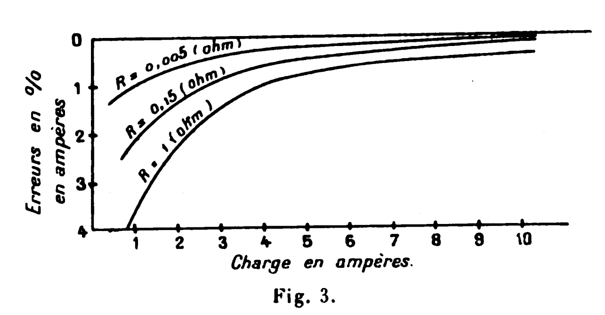


Fig. 3.

Pour une charge inférieure au $\frac{1}{10}$ le réglage du relais ne peut plus se faire avec suffisamment de précision.

Du reste, en pratique, ce cas ne se présente jamais, car les transformateurs sont choisis de telle façon que les indications des ampèremètres branchés dans le circuit secondaire correspondent à la partie de l'échelle où l'on puisse facilement faire des lectures et le fonctionnement de la bobine du relais n'a lieu ordinairement qu'à un régime variant entre les $\frac{7}{10}$ et les $\frac{20}{10}$ du régime de pleine charge (relais Œrlikon).

Une des meilleures façons de procéder pour le réglage des relais d'intensité consiste à réaliser le montage suivant (*fig.* 4) :

R, résistance;

A, transformateur d'essai;

B, transformateur à essayer;

I, ampèremètre branché directement dans le circuit gros fil.



I, R et A peuvent être montés sur un petit tableau d'essai qui servira pour toutes les mesures.

B reste branché sur les barres qui ont été préalablement mises hors service, le circuit secondaire de B restant tel qu'il a été primitivement monté avec tous les appareils qu'il alimente en service normal.

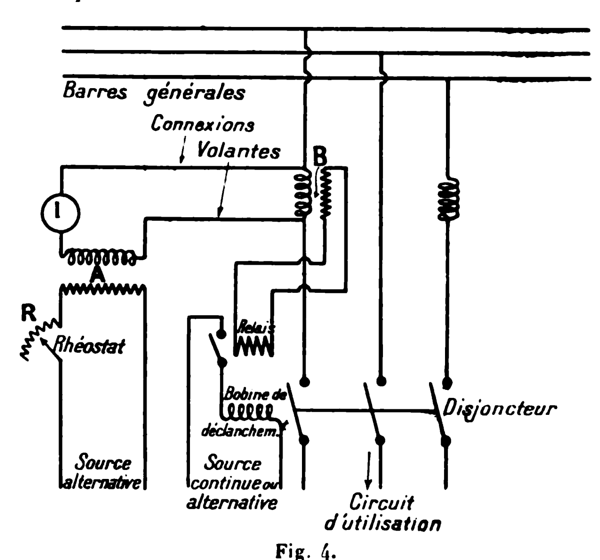


Fig. 4.

Au moyen de la résistance R constituée, par exemple, par des lampes montées sur une source alternative indépendante, de même fréquence que le courant qui passe habituellement dans le transformateur à essayer, on peut faire varier le courant primaire *I* et obtenir ainsi une valeur de *I* correspondant à celle que l'on veut avoir pour le déclanchement de l'interrupteur automatique.

On règle alors les index des échelles intensité et temps du relais, jusqu'à ce qu'on obtienne le déclanchement désiré dans le temps voulu.

Le grand avantage de ce montage et de cette façon de procéder consiste surtout en ce que l'essai correspond aux conditions mêmes où se trouve le disjoncteur quand il est en service, et ceci est un point capital, sur lequel l'attention des exploitants doit être spécialement attirée.

Il est facile, en effet, de constater par expérience que le réglage d'un relais effectué, soit en se rapportant aux indications des échelles ampère et temps, soit même, comme l'indique C.-E. Freeman [1], en faisant passer directement dans le circuit secondaire du relais l'intensité nécessaire au déclanchement, ne donne pas de résultats satisfaisants, et qu'un réglage de disjoncteur obtenu dans ces conditions ne correspond pas à l'intensité primaire que l'on se fixe préalablement.

La plupart du temps dans une usine ou une sous-station, les différents transformateurs d'intensité ont des rapports variant dans de grandes limites, de 2 à 60, par exemple, à cause de la diversité que peuvent présenter les feeders d'alimentation ou les machines d'utilisation.

Dans ce cas, le même transformateur d'essai ne pourra pas servir indifféremment pour tel ou tel transformateur; il est alors préférable de posséder un jeu de deux ou trois transformateurs, dont on choisit le rapport de telle façon qu'on puisse régler les intensités primaires de tous les appareils de l'usine ou de la sous-station.

Pour un même transformateur, l'élasticité de réglage est, du reste, suffisamment grande : avec un transformateur de $\frac{300}{10}$ par exemple, on peut essayer des transformateurs dont les rapports varient de 40 à 10, sans dépasser dans le secondaire de ce transformateur d'essai une intensité qui pourrait le détériorer. Toutefois, il est intéressant de remarquer que la résistance ohmique des connexions volantes reliant le transformateur d'essai au transformateur à essayer doit être aussi faible que possible.

Pratiquement, on peut prendre des câbles de 50 mm^2 et limiter leur longueur à 2 ou 3 m. Le tableau sur lequel se trouve monté R et A étant mobile et pouvant venir à proximité de la cabine où se trouvent les transformateurs à essayer (*fig.* 5).

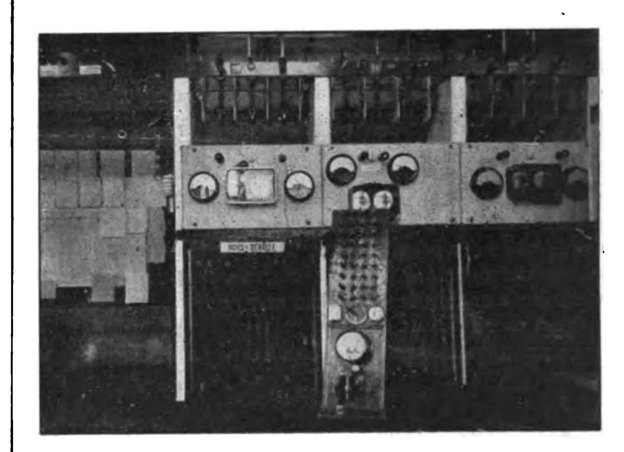


Fig. 5.

Choix des relais. — Les types de relais sont très nombreux et sont basés presque tous sur le même principe (relais à champ tournant).

La plupart d'entre eux donnent de bons résultats; cependant pour le fonctionnement des disjoncteurs placés en série sur une canalisation, il est de nécessité absolue pour l'exploitant de se servir d'un modèle unique, quel que soit le type qu'il ait choisi. Il est en effet déjà difficile d'obtenir le parallélisme des courbes caractéristiques de deux relais du même type, soit que les conditions mécaniques et électriques ne soient pas exactement les mêmes dans les deux appareils, soit que les transformateurs sur lesquels ils sont branchés n'aient pas une courbe d'erreur superposable; à plus forte raison, il est presque impossible de faire accorder deux courbes de relais de types différents.

En pratique, l'expérience montre que les relais des interrupteurs automatiques placés en série sur une canalisation haute tension doivent être du même modèle, que le temps de leur fonctionnement doit être relativement court (1 à 3 secondes) et que, pour obtenir le déclanche-

[1] Voir *Electrical World* du 2 novembre 1912.

ment sélectif de ces interrupteurs, il faut que le réglage des intensités primaires diffère dans de grandes proportions.

En réglant ainsi à la centrale le relais de l'interrupteur automatique pour une intensité double de celle du relais du disjoncteur de la sous-station placée en bout de ligne (6 à 10 kilomètres) pour un court circuit franc entre phases ou entre phases et terre au delà de la sous-station, on constate que l'interrupteur automatique de la sous-station fonctionne seul.

En d'autres termes, les courbes des deux relais placés en série sur une canalisation ne doivent jamais se couper, quelles que soient les intensités primaires qui traversent les transformateurs d'intensité.

C'est cette condition que l'exploitant doit s'efforcer de réaliser, en tenant compte toutefois des limites extrêmes que peut supporter la partie que protège le disjoncteur, et qu'il serait dangereux de dépasser.

Depuis quelques mois, un nouveau type de relais (relais Brenner), basé sur un principe tout différent des relais usuels, vient d'être expérimenté et semble donner toute satisfaction.

Les courbes caractéristiques restent bien semblables à elles-mêmes et peuvent exactement se superposer.

Le principe de ce relais est le suivant.

Un fil de fer AB (*fig.* 6) se trouve intercalé dans le secondaire du transformateur; en dérivation aux bornes de ce fil, on branche la bobine de déclanchement. La résistance du fil de fer varie avec l'échauffement provoqué par l'intensité efficace qui le traverse.

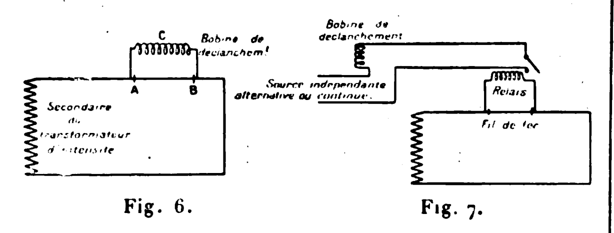


Fig. 6. Fig. 7.

La résistance augmentant avec la température, l'intensité passant par AB diminue; au contraire, celle qui passe par ACB augmente et devient suffisante pour provoquer le déclanchement.

Si la bobine de déclanchement est actionnée par une source indépendante, ce qui, à notre avis, nous semble bien préférable, le montage est alors le suivant (*fig.* 7).

L'emploi de ce relais peut même être généralisé pour les disjoncteurs des feeders continu 600 volts traction, et les essais qui sont actuellement en cours paraissent devoir donner des résultats tout à fait satisfaisants.

Le réglage de ce relais peut varier dans de grandes limites et son fonctionnement exclusivement électrique supprime de ce fait toutes les imperfections mécaniques que l'on peut rencontrer dans d'autres types de relais; car l'expérience montre encore que le mauvais fonctionnement ou le non-fonctionnement d'un disjoncteur est dû, la plupart du temps, à un mauvais réglage mécanique, soit du relais, soit du disjoncteur lui-même.

Nous citerons, comme exemple, quelques anomalies qu'on peut rencontrer et dont il est facile de s'apercevoir en utilisant le dispositif décrit plus haut et en procédant à une visite rationnelle de tous les appareils.

Défauts mécaniques. — Mauvais réglage du mécanisme de déclanchement, qui ne fonctionne qu'une fois sur deux.

Pivots du disque ou la crémaillère du relais (relais Œrlikon) trop serrés.

Rupture de la cordelette qui supporte le poids (relais Westinghouse).

Doigt de contact faussé, empêchant la fermeture du circuit auxiliaire sur la bobine de déclenchement.

Crémaillère venant toucher le fond de la boîte extérieure du relais avant la fermeture du circuit auxiliaire.

Mauvaise fixation de la cuve à huile du disjoncteur et du porte-mâchoire empêchant les plots de contact de rentrer librement dans les mâchoires.

Pièces de contact faussées et coinçant la partie mâle de l'interrupteur dans la partie femelle, etc.

Défauts électriques. — Bobine de déclanchement d'un interrupteur n'ayant pas un nombre d'ampères-tours suffisant pour attirer avec la force nécessaire le noyau mobile.

Bobine de déclanchement grillée, après le fonctionnement intempestif du disjoncteur.

Mauvais contact à une borne du secondaire du transformateur d'intensité ou à une borne du relais.

Montage défectueux sur les circuits triphasés de la borne commune des transformateurs d'intensité, qui se trouve normalement à la terre et qui n'est pas connecté à la borne correspondante du relais, etc.

Ainsi les causes d'empêchement du fonctionnement d'un disjoncteur peuvent être très nombreuses et variées, et si l'exploitant veut assurer une alimentation régulière de ses clients, en sélectionnant du reste du réseau la partie qui peut se trouver avariée, sa surveillance doit-elle être effective et continue.

Dans une usine, le réglage des disjoncteurs doit être fait au moins une fois par trimestre. Il est même prudent, après chaque fonctionnement intempestif de l'un d'entre eux, de procéder à sa visite, car il importe à l'exploitant d'être sûr à chaque instant du bon fonctionnement de tous les disjoncteurs de son réseau.

On profitera de ce réglage pour visiter complètement l'interrupteur, vérifier les contacts, contrôler si le fond de la cuve ne contient pas de dépôt de matières et si l'huile ne présente pas des traces d'humidité.

On évitera ainsi les accidents relativement fréquents de disjoncteurs, accidents déjà dangereux par eux-mêmes, pour la sécurité du personnel, et dangereux également pour les dégâts qu'ils peuvent occasionner et les répercussions qu'ils peuvent avoir sur le réseau.

Ces visites peuvent être mentionnées sur un registre spécial, l'ingénieur chargé de l'exploitation donnant à chaque chef d'usine ou de sous-stations, le réglage à effectuer sur tous les relais des interrupteurs automatiques, suivant l'importance du circuit que le disjoncteur intéressé doit protéger.

C'est cette détermination du réglage que seule la pratique peut donner qui est le point délicat de la question.

Voici ceux qui ont été déterminés pour l'ensemble d'un réseau de banlieue, mais il est bien entendu que ces chiffres ne sont pas applicables à un réseau quelconque,



et que nous ne donnons les résultats qui ont été acquis, qu'à titre documentaire.

Étant donnée une centrale alimentant un certain nombre de sous-stations, quel est le réglage à donner à chacun des disjoncteurs d'usine et de sous-stations?

Réglage à l'intérieur des sous-stations. — Chaque groupe rotatif de puissance inférieure à 700 kilowatts (convertisseur de fréquence, commutatrice, moteur asynchrone) a son relais haute tension réglé pour une intensité correspondant au double de la pleine charge pendant 5 secondes.

Les groupes de puissance supérieure sont réglés pour disjoncter à une puissance 1,5 fois supérieure à la puissance normale. Chaque groupe statique (transformateur mono, bi ou triphasé, transformateur Scott) est réglé pour disjoncter à $\frac{120}{100}$ de la pleine charge; le temps étant de 2 secondes.

Les feeders partant des sous-stations ont leurs disjoncteurs réglés pour une intensité correspondant à une densité de courant de 2 ampères par millimètre carré.

Chaque disjoncteur d'arrivée de sous-station a son relais réglé de telle façon qu'il fonctionne pour un nombre d'ampères correspondant au nombre d'ampères maximum que peut supporter l'ensemble de tous les groupes qui peuvent se trouver être à la fois en service.

Ces derniers disjoncteurs sont réglés pour des temps de 1 ou 2 secondes.

Réglage de l'usine. — La charge moyenne sur les feeders, au départ de la centrale, alimentant chaque sous-station, correspond à une densité variant de 0,5 à 1 ampère par millimètre carré. Les disjoncteurs de départ sont réglés pour disjoncter à une charge correspondant à une densité de 2 ampères par millimètre carré; le temps étant réglé pour 3 secondes.

Les disjoncteurs des alternateurs de 6000 et de 5000 kilowatts alimentant le réseau, fonctionnent pour une charge correspondant à 1,5 fois le régime de pleine charge, qui est le régime de marche habituelle de ces machines.

Le temps de disjonction est réglé à 2 secondes.

Les feeders usine qui se trouvent branchés directement sur les barres haute tension de la centrale ont un réglage de leur disjoncteur proportionnel à la charge maxima qu'ils sont susceptibles d'avoir; il y a intérêt à régler ces disjoncteurs au plus fin.

Pour les feeders, au contraire, qui sont alimentés par la centrale avec interposition de transformateurs statiques entre eux et les alternateurs, le réglage de leurs disjoncteurs peut être proportionnel à leur section.

Dans le choix du réglage de ses disjoncteurs, l'attention de l'exploitant doit se porter sur certains cas particuliers que peut présenter son réseau.

Nous citerons comme exemple le suivant :

Soient A, B, C, trois transformateurs triphasés 10000-3000 volts D, E, F, G, quatre feeders alimentés par ces transformateurs (*fig.* 8).

Supposons, sur trois de ces feeders de section 80 mm², une densité moyenne de 1 ampère par millimètre carré; sur le quatrième, G, qui est également de 80 mm², une densité moyenne de 0,2 par millimètre carré, soit 16 ampères.

Supposons également que A et B soient seuls en service et que la charge moyenne des feeders corresponde au régime de pleine charge des deux transformateurs A et B; la puissance de chaque transformateur, en supposant un facteur de puissance de 0,75, serait alors d'environ 520 kilowatts.

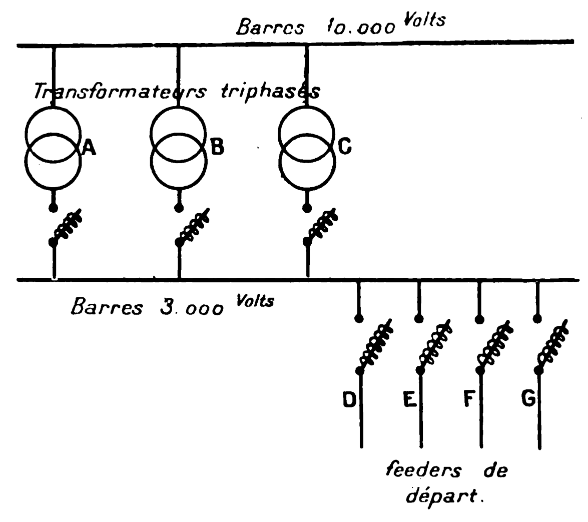


Fig. 8.

Les disjoncteurs 3000 des transformateurs étant réglés pour fonctionner à 1,5 fois la puissance normale, déclancheraient pour une intensité de 190 ampères, c'est-à-dire que le jeu entre le régime normal et le régime de disjonction serait

$$2 \times 190 - 256 = 124 \text{ ampères.}$$

Or, si un court circuit vient à se produire sur le feeder G, qui est réglé pour disjoncter à 160 ampères, le jeu entre le régime normal et le régime de disjonction étant de $160 - 16 = 144$ ampères, les disjoncteurs des transformateurs Scott fonctionneront avant celui du feeder, et un tel réglage dans ces conditions serait défectueux. Dans ce cas particulier on doit, soit mettre un troisième transformateur en service, soit régler plus fin le disjoncteur du feeder G.

Nous avons cité cet exemple pour montrer qu'en fait de réglage de relais de disjoncteur, on ne peut pas donner de règle absolue et que le bon fonctionnement d'un réseau et la sélection de la partie avariée des autres canalisations dépend surtout de l'expérience de l'ingénieur chargé de l'exploitation pour la détermination du réglage qu'il convient de donner à chaque disjoncteur et du soin qu'apportera le personnel chargé de l'entretien et de la vérification des relais et disjoncteurs.

Maurice DEFERT,
Ingénieur diplômé.



TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

RADIOTÉLÉGRAPHIE.

La résonance en télégraphie sans fil (1).

COMPARAISON ENTRE LES SYSTÈMES A ÉTINCELLES ET LES SYSTÈMES A ONDES ENTRETENUES. — Le principe de la résonance, dans la radiotélégraphie moderne, joue un rôle plus important que dans toute autre branche de l'art de l'ingénieur. Au début, ce principe fut appliqué d'une manière très grossière, mais depuis, l'expérience a montré tous les avantages qu'on pouvait en retirer. C'est ainsi que la plupart des progrès accomplis pendant ces dix dernières années ont été le résultat de la recherche d'une résonance aiguë.

La première antenne de Marconi, *l'antenne simple*, possède un pouvoir de radiation tellement supérieur à sa propriété d'emmagasiner l'énergie, que les trains d'ondes émis sont relativement courts, et les phénomènes de résonance à la réception, ne sont guère prononcés. Un accord grossier, il est vrai, était obtenu par la modification de la longueur et de la capacité de l'antenne, et ceci montre que la résonance intervenait un peu.

L'antenne de Lodge, avec sa capacité relativement élevée et avec sa bobine d'accord, semble avoir été la première à utiliser le principe de résonance d'une manière marquée, montrant ainsi d'une façon claire dans quelle voie le progrès était possible. Si l'on représente par la figure 1, le train d'ondes émis par la première antenne de

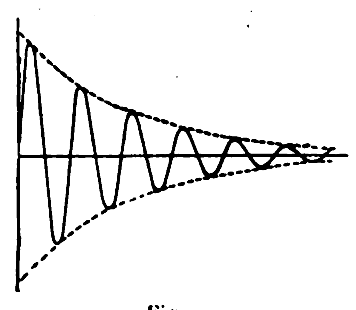


Fig. 1.
$m = 0{,}5 \times$ fréquence.

Marconi, il convient de représenter le train d'ondes de Lodge par la figure 2.

Un second pas dans la voie du progrès fut accompli par Marconi lorsqu'il accoupla un circuit oscillant fermé renfermant une grande énergie à un circuit bon radiateur, ces deux circuits étant accordés. Si l'accouplement est lâche, la vibration de l'antenne peut être représentée par la figure 3, tandis que, s'il est serré, il y a production de deux trains d'ondes de fréquences différentes. On peut trouver des modèles des courbes résultantes, dans un travail de G.-W.-O. Howe (1) ou dans un article du présent auteur (2). En accordant le récepteur sur l'onde unique de l'émetteur à accouplement lâche, ou bien sur une des

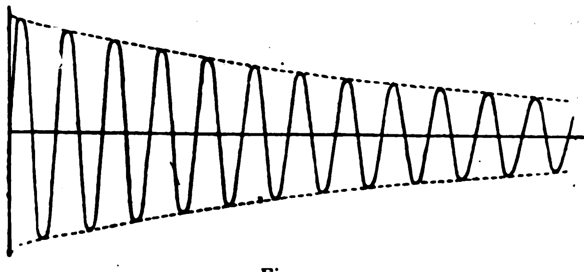


Fig. 2.
$m = 0{,}1 \times$ fréquence.

deux ondes de l'émetteur à accouplement serré, il est possible d'obtenir les avantages d'une résonance prononcée.

Le perfectionnement apporté par Poulsen à l'arc chantant de Duddell marque un nouveau progrès obtenu pour une meilleure résonance.

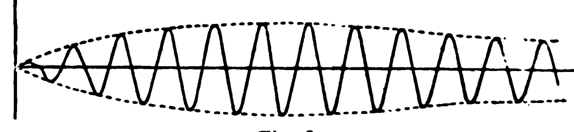


Fig. 3.
$m = 0{,}1 \times$ fréquence.
$n = 0{,}3 \times$ fréquence.

En soumettant les oscillations produites par un générateur Poulsen à la méthode ordinaire de mesure des décréments, on trouve qu'elles ne sont pas amorties; toutefois, c'est un fait bien connu qu'elles ne sont pas continues. Si ces oscillations étaient continues et si elles présentaient une forme rigoureusement sinusoïdale, elles pourraient donner lieu aux plus hauts effets de résonance, mais la méthode Poulsen n'atteint pas cet idéal. Il semble revenir à Fessenden d'avoir le premier employé des ondes véritablement entretenues; ces dernières étaient produites par une machine construite par Alexanderson; à l'heure actuelle, de nouveaux types de machines sont construits par Goldschmidt, par Béthenod et par d'autres. D'autre part, la Compagnie Telefunken, la Compagnie Marconi et d'autres ont amélioré l'emploi du transmetteur accouplé, en éteignant l'étincelle aussitôt que toute l'énergie du primaire a passé dans l'antenne (excitation par choc).

Il est possible, à l'aide de certaines formules, de mettre en évidence les avantages réalisés grâce à ces progrès successifs vers la résonance idéale. Le problème consiste

(1) W.-H. ECCLES, *Electrician*, t. LXX, 10 janvier 1913, p. 669-671.

(1) HOWE, *Electrician*, t. LXVII, p. 8.

(2) ECCLES, *Proc. Physical. Soc.*, t. XXIV, p. 280.

à calculer le rapport de l'énergie absorbée par l'antenne réceptrice à l'énergie rayonnée par l'antenne d'émission, ceci pour chacun des cas mentionnés plus haut, les antennes transmettrice et réceptrice ainsi que la fréquence demeurant identiques pour chaque cas. Nous appellerons ce rapport *l'efficacité de transmission*, mais dans la discussion qui va suivre, nous n'envisagerons que les valeurs relatives et non les valeurs absolues.

Le train d'ondes émis par l'antenne simple, et le train d'ondes plus long d'une antenne de Lodge, peuvent tous deux être représentés par la fonction

$$Y\varepsilon^{-mt}\sin pt,$$

la différence entre ces deux cas résidant dans la valeur absolue plus ou moins grande de m, le coefficient d'amortissement. La fonction Y a la valeur o pour les temps négatifs et la valeur 1 pour tous les temps positifs; ainsi, le train d'ondes part à l'instant $t=0$. Appelons $\mathfrak{S}$ le coefficient d'amortissement de l'antenne réceptrice. La quantité $\mathfrak{S}$ comprend l'amortissement dû à la radiation de l'antenne réceptrice, dû à la perte par effet Joule dans la terre au voisinage de l'antenne et dans les circuits locaux, ainsi que celui dû à l'absorption d'énergie par le détecteur ou le ticker. Dans les installations modernes, $\mathfrak{S}$ est habituellement supérieur à m, si les antennes sont à peu près égales.

La conductance de l'appareil récepteur peut être représentée par $LD+R+CD^{-1}$, où L, R et C sont l'inductance, la résistance et la capacité et où D est mis pour $\frac{d}{dt}$. Cette expression devient

$$L[(D+\mathfrak{S})^2+p^2],$$

en posant

$$\frac{R}{2L}=\mathfrak{S},\qquad \frac{1}{LC}-\frac{R^2}{4L^2}=p^2.$$

Soit

$$YE\varepsilon^{-mt}\sin pt$$

la f. é. m. engendrée par les ondes dans l'antenne; dans cette expression p a la même valeur que dans l'expression de la conductance, puisque l'antenne est supposée accordée sur les ondes.

Le courant i est donné par

$$i=\frac{E}{L}\,\frac{D}{(D+\mathfrak{S})^2+p^2}\,Y\varepsilon^{-mt}\sin pt.$$

On peut trouver l'intégrale à l'aide de la table d'intégrales publiée dans un travail précédent dont il a déjà été question (¹). C'est

$$i=\frac{-Y}{\theta_0}\Big[\sqrt{p^2+m^2}\,\varepsilon^{-mt}\sin(pt-\theta-\varphi)$$
$$+\sqrt{p^2+\mathfrak{S}^2}\,\varepsilon^{-bt}\sin(pt+\theta-\psi)\Big],$$

où

$$\tan g\theta=\frac{2p}{\mathfrak{S}-m},\qquad \tan g\varphi=\frac{p}{m},\qquad \tan g\psi=\frac{p}{\mathfrak{S}}$$

et

$$\theta_0^2=(\mathfrak{S}-m)^2\times[4p^2+(\mathfrak{S}-m)^2].$$

(¹) *Proc. Physical Soc.*, t. XXIV, p. 276.

Élevons le courant au carré et multiplions son expression par la résistance effective du circuit (c'est-à-dire par $2\mathfrak{S}L$), et intégrons le résultat par rapport au temps entre o et ∞, nous obtenons l'expression de l'énergie totale w apportée dans l'antenne par le train d'ondes. Le résultat est

$$w=\frac{E^2p^2}{2Lm(\mathfrak{S}+m)[4p^2+(\mathfrak{S}+m)^2]}$$

exactement, ou

$$w=\frac{E^2}{8Lm(\mathfrak{S}+m)}$$

approximativement.

Pour établir l'approximation, on a négligé $(\mathfrak{S}+m)^2$ en comparaison de $4p^2$, ce qui ne cause généralement pas une erreur supérieure à $\frac{1}{10}$ pour 100.

La quantité E^2 est indépendante de m, le coefficient d'amortissement du train d'ondes; cependant elle dépend de $\mathfrak{S}$, par suite si m augmente progressivement, l'énergie reçue augmente elle-même d'une façon continue. Si m est nul, correspondant aux ondes non amorties, la formule indique que l'énergie recueillie est infinie; ceci s'explique si l'on considère que l'intégration s'étend sur un temps infini, pendant lequel, naturellement, le transmetteur émet une énergie infinie. Le résultat pratique ne peut s'obtenir qu'en trouvant le rapport de w, l'énergie recueillie à W, l'énergie radiée, dans un train d'ondes.

Le courant dans l'antenne d'émission doit être proportionnel à

$$Y\varepsilon^{-mt}\sin pt.$$

La valeur de l'énergie radiée est

$$W=A\int_0^\infty(\varepsilon^{-mt}\sin pt)^2\,dt,$$

A étant la résistance de radiation.

Il est à remarquer que la grandeur E^2 ci-dessus dépend à la fois de A, de la distance entre les deux stations, des conditions atmosphériques et de l'état de l'antenne réceptrice. M. Arco a publié dernièrement (¹) des résultats expérimentaux très intéressants, tendant à montrer que l'atmosphère, quel que soit son état, transmet des ondes de même fréquence avec la même facilité, qu'elles soient entretenues ou amorties.

Il en résulte que notre E^2 est le même pour tous les cas étudiés ici. Nous avons

$$W=\frac{1}{4}\,\frac{Ap^2}{m(p^2+m^2)}$$

exactement, ou approximativement

$$W=\frac{A}{4m}.$$

Par suite, l'efficacité de transmission est donnée par

$$\frac{w}{W}=\frac{2E^2(p^2+m^2)}{AL(\mathfrak{S}+m)[4p^2+(\mathfrak{S}+m)^2]}$$

(¹) Arco, *Electrician*, t. LXX, p. 643.

exactement, ou

$$= \frac{E^2}{2AL(\mathfrak{D}+m)}$$

approximativement.

Puisque E^2 est indépendant de m, nous voyons que l'efficacité de transmission augmente quand m décroît. Soient η_c l'efficacité de transmission avec des ondes entretenues et η_s l'efficacité avec des systèmes à étincelles; si nous appelons η_c l'*efficacité idéale*, la fraction

$$100\frac{\eta_s}{\eta_c} = \frac{100\,\mathfrak{D}}{\mathfrak{D}+m},$$

représente le pourcentage de l'idéal atteint par l'étincelle. Dans le cas de la première antenne simple, m était probablement beaucoup plus grand que $\mathfrak{D}$, par exemple $m = 3\,\mathfrak{D}$, tandis que pour l'antenne de Lodge, $\mathfrak{D}$ était probablement égal à m. Par suite, l'antenne simple donnait 25 pour 100, l'antenne de Lodge, 50 pour 100 de la valeur idéale.

Le transmetteur à accouplement lâche utilisant les étincelles ordinaires peut être supposé à étincelles soufflées pour le but qui nous intéresse. D'ailleurs, la supériorité revendiquée pour les étincelles soufflées ne se manifeste pas entre l'antenne transmettrice et l'antenne réceptrice, mais entre le primaire ou circuit à étincelles, et l'antenne.

Pour le but actuel, les trains d'oscillations du type représenté par la figure 3 peuvent être représentés très approximativement par la fonction

$$Y(\varepsilon^{-mt} - \varepsilon^{-nt})\sin pt,$$

dans laquelle n est supérieure à m.

Regardant le courant dans l'antenne comme proportionnel à cette fonction, si l'on considère l'intervalle de temps pendant lequel l'amplitude des oscillations va en croissant, on voit que cet intervalle est d'autant plus court que l'excès de n sur m est plus grand.

En fait, le nombre de périodes complètes occupé est

$$\frac{p}{2\pi(n-m)}\log_e\frac{n}{m}.$$

En utilisant les mêmes symboles que plus haut, le courant dans l'antenne réceptrice est

$$i = \frac{E}{L}\,\frac{D}{(D+\mathfrak{D})^2+p^2}\,Y(\varepsilon^{-mt} - \varepsilon^{-nt})\sin pt.$$

En intégrant exactement comme ci-dessus, en élevant au carré et multipliant par $2\,\mathfrak{D}L$, puis en intégrant depuis $t = 0$ jusqu'à $t = \infty$, nous obtenons pour l'énergie recueillie une expression assez compliquée. Elle peut, d'ailleurs, être simplifiée par la méthode d'approximation déjà employée et devient

$$w = \frac{E^2(n-m)^2(\mathfrak{D}+m+n)}{8Lmn(m+n)(\mathfrak{D}+m)(\mathfrak{D}+n)}.$$

De même, l'énergie radiée par train d'ondes est trouvée égale à

$$W = A\,\frac{(n-m)^2}{4mn(m+n)}$$

et l'efficacité de transmission devient

$$\eta = \frac{w}{W} = \frac{E^2}{2AL}\,\frac{\mathfrak{D}+m+n}{(\mathfrak{D}+m)(\mathfrak{D}+n)}.$$

Si l'on fait $n = \infty$, dans ces formules, on retrouve les formules déjà discutées. Nous trouvons donc que les efficacités de transmission dans le système à ondes entretenues, dans le circuit accouplé et dans l'onde unique, sont dans la proportion

$$\frac{1}{\mathfrak{D}} : \frac{\mathfrak{D}+m+n}{(\mathfrak{D}+m)(\mathfrak{D}+n)} : \frac{1}{\mathfrak{D}+m}$$

ou bien, en pour 100 de la valeur idéale,

$$100 : 100\frac{\mathfrak{D}(\mathfrak{D}+m+n)}{(\mathfrak{D}+m)(\mathfrak{D}+n)} : 100\frac{\mathfrak{D}}{\mathfrak{D}+m}.$$

Il est évident que ces rapports sont placés par ordre de grandeur et que ceci subsiste pour toutes les valeurs de n, c'est-à-dire que l'émetteur accouplé se trouve entre l'onde entretenue et le système à une seule onde. Quelques exemples numériques serviront à illustrer ces résultats.

Prenons une antenne réceptrice possédant un très petit décrément : 0,1 par période (0,05 par demi-période), de façon à favoriser le plus possible le système à ondes entretenues. Les coefficients d'amortissement étant proportionnels aux décréments, ces derniers peuvent figurer à leur place dans le tableau ci-dessous :

	Récepteur. $\mathfrak{D}$.	Émetteur. m.	Émetteur. n.	Pourcentage de la valeur idéale.
Antenne simple.....	0,1	0,3	»	25
Lodge..............	0,1	0,1	»	50
Circuit accouplé....	0,1	0,1	0,4	60
Id.	0,1	0,1	0,2	67
Id.	0,1	0,05	0,1	92
Id.	0,1	0,02	0,2	90
Ondes entretenues..	0,1	0	∞	100

L'avant-dernière ligne du tableau donne le résultat d'un cas obtenu pratiquement. Le décrément des ondes peut être rendu très petit par l'emploi d'une antenne de petite capacité avec des ondes de grande longueur; mais d'autres pertes entrent en jeu dans ce cas. La ligne précédente est le résultat d'expériences faites par M. Arco.

Nous arrivons à cette conclusion que les systèmes actuels à étincelles sont capables d'une très bonne utilisation de la résonance. Le champ des améliorations est très restreint et un générateur à ondes entretenues devra avoir un excellent rendement à l'intérieur de la station si l'on veut qu'il soit plus économique que le système à étincelles, sous le rapport de l'énergie primaire consommée.

R. B.



VARIÉTÉS.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE.

L'exposition de Pâques de la Société française de Physique.

I. Appareils de mesures industriels. — Au point de vue électrique, ce sont toujours les appareils de mesures qui dominent et, parmi ceux-ci, il est facile de constater une tendance de plus en plus grande à l'emploi des électrodynamomètres comme appareils de contrôle pour le courant alternatif, non seulement sous la forme de wattmètres, mais encore comme voltmètres ou ampèremètres.

Les électrodynamomètres que l'on construit aujourd'hui ont des sensibilités assez grandes pour ne pas apporter plus de trouble dans les circuits que les instruments pour courant continu. C'est ainsi que nous trouvons chez Chauvin et Arnoux un *voltmètre électrodynamique de contrôle* qui prend seulement une intensité de 0,02 ampère (150 volts et 7500 ohms) et un *milliampèremètre* du même type qui mesure 0,5 ampère avec une chute de tension de 0,5 volt.

Les ateliers Carpentier présentent des combinaisons basées sur l'emploi de la petite bobine de champ placée au centre de la bobine mobile (1). Le *volt-ampèremètre* absorbe 0,35 ampère et 0,5 volt; il est gradué comme voltmètre pour 15 volts et les tensions supérieures sont obtenues à l'aide de résistances additionnelles. Comme ampèremètre, il est placé en dérivation sur un shunt et la chute de tension est de 0,5 volt; le coefficient de température est inférieur à 0,001.

Le *voltmètre électrodynamique* Carpentier peut, grâce à la faible self-induction de la petite bobine de champ, servir pour les fréquences utilisées en T. S. F.; en effet, le cadre mobile a une self-induction de 0,012 henry et la bobine de champ 0,06, soit au total 0,072 henry. Comme la déviation totale est obtenue pour 0,03 ampère, on voit qu'un appareil gradué pour 100 volts donne, à 1000 périodes par seconde, une impédance qui ne diffère que de 1 pour 100 de la résistance ohmique. Le même dispositif appliqué à un wattmètre à shunt fournit les données suivantes : circuit volts, intensité maximum 0,05 ampère, self-induction 0,012 henry; bobine fixe, 0,2 volt, self-induction, $0,5 \times 10^{-6}$ henry. Avec des fréquences de l'ordre de 1000, il faut compenser le petit déphasage du courant dans la bobine fixe par l'addition d'une petite self-induction calculée dans ce circuit.

Nous ne mentionnerons que pour mémoire les appareils industriels très nombreux présentés par Carpentier, Chauvin et Arnoux, Weston (2), Rousselle et Tournaire, Richard, Da et Dutilh.

Du côté des enregistreurs, signalons un *électromètre enregistreur* Moulin à plume frottante et tracé en coordonnées rectilignes construit par les ateliers Carpentier; c'est, croyons-nous, la première fois qu'un électromètre est appliqué à un enregistreur à plume. L'appareil est un multicellulaire gradué pour 2000-0-2000 volts. Du même constructeur, un *électrodynamomètre enregistreur* universel, qui sert successivement comme voltmètre, ampèremètre et wattmètre, les traits superposés se distinguant les uns des autres par le nombre de points formant chaque trait.

L'*enregistreur photographique à style lumineux* de J. Richard trace des coordonnées rectilignes sur un papier enroulé sur un tambour enfermé dans une boîte cylindrique, La boîte est percée, suivant une génératrice, d'une fente rectiligne au-dessus de laquelle passe l'index du galvanomètre. Une petite lampe à incandescence à filament rectiligne forme l'extrémité de l'index; à chaque instant, l'intersection de l'image du filament par la fente détermine sur le papier photographique l'image d'un point; les ordonnées sont donc proportionnelles aux tangentes des angles de déviation; la course totale est obtenue pour 10 milliampères.

De J. Richard également, un *chronographe thermique* dans lequel l'électro-signal ordinaire est remplacé par un fil métallique qui se dilate sous l'action d'un courant. Ce dispositif se recommande dans les cas où l'on dispose seulement de courant alternatif et où, par conséquent, les électros sont sujets à vibrer au lieu de donner un signal net.

L'*enregistreur photographique extra-rapide* de Blondel (Camillerapp, constructeur) est composé d'un châssis qui tombe dans une glissière sous l'action de forts ressorts; l'enregistrement se produit quand la vitesse maximum est atteinte et à ce moment des freins puissants annulent toute accélération, de sorte que la vitesse est parfaitement uniforme; le choc d'arrêt fait fermer automatiquement le châssis.

M. Blondel continue à perfectionner ses *oscillographes* et, dans les derniers modèles, il s'est attaché à rendre simultanées l'observation directe et la photographie. Des améliorations de détails, sur lesquelles il est difficile de s'étendre sans dessins, rendent l'éclairage plus efficace; l'arc est à réglage automatique et à point lumineux fixe; les équipages bifilaires sont faciles à réparer, etc.

Signalons, en passant, un *oscillographe interférentiel* dû à M. Guyau et construit par Jobin. Cet appareil est destiné à étudier le mouvement des membranes téléphoniques. Les interférences sont produites entre une glace fixe à faces parallèles et un miroir collé sur la membrane étudiée; les franges sont projetées sur une fente placée devant la plaque photographique mobile où leur déplacement s'enregistre.

II. Galvanomètres. — *La Revue électrique* a déjà signalé le nouveau *galvanomètre* Féry (1). Cet appareil

(1) *La Revue électrique*, t. XIX, 21 mars 1913, p. 291.

(2) *La Revue électrique*, t. XIX, 21 février 1913, p. 185.

(1) *La Revue électrique*, t. XIX, 21 février 1913, p. 181.



était présenté par le constructeur M. G. Trevet. Deux modèles sont réalisés : l'un ayant 2 ohms de résistance donne, avec une période d'oscillation de 20 secondes, une déviation de 1 mm à 1 m pour 1.10^{-9} ampère; le second, de 11 000 ohms de résistance, la même déviation pour 1.10^{-10} ampère, avec une période de 15 secondes. Si nous nous reportons au tableau de classement des galvanomètres donné par le *Recueil des Constantes physiques*, page 723, nous voyons que la constante A

$$A = \frac{10^{-6}}{T^2 \sqrt{r}\, i_1}$$

est égale à 1,77 pour le premier et 0,42 pour le second; ce galvanomètre se place donc au-dessus du Thomson et à côté du Broca.

Le modèle de 2 ohms, relié à un couple constantan-fer, permet de déceler des différences de températures de l'ordre de 10^{-5} degré centigrade.

Pour les mêmes raisons que dans les galvanomètres à cadre mobile, l'amortissement électromagnétique est très énergique lorsque les bobines sont fermées sur un circuit peu résistant.

Le constructeur a donné à ces galvanomètres une forme très compacte : une cage en bois, montée sur plateau également en bois, porte les bobines et des glaces permettent de voir l'intérieur de l'appareil.

Le *galvanomètre cuirassé* Broca (ateliers Carpentier) est enfermé dans une triple enveloppe en fer doux composée de trois paires de demi-cylindres, de sorte qu'il est facile d'atteindre l'appareil pour le réglage. Grâce à cette triple enveloppe, l'effet des actions magnétiques extérieures est réduit environ au centième et le galvanomètre peut servir partout sans que ses qualités essentielles soient diminuées. Un galvanomètre ainsi cuirassé a pu être amené à une durée de période de 16 secondes, ce qui est assez difficile dans les conditions ordinaires. L'aimant directeur est placé à l'intérieur des cuirasses et commandé du dehors.

Le *galvanomètre thermique* Chopin (ateliers Carpentier) est un appareil à cadre mobile monté sur pivots. Le cadre mobile est relié à un couple thermo-électrique entouré par une résistance chauffante. Tout l'ensemble repose sur les pivots et le courant à mesurer est amené à la résistance chauffante par les ressorts antagonistes. Un appareil de ce genre, ayant une résistance chauffante de 100 ohms, donne toute la déviation pour une intensité de 22 milliampères.

Le petit *galvanomètre portatif* à miroir de J. Richard a été construit pour les mesures bolométriques de M. Turpain. A la distance de 30 cm, entre l'échelle et le miroir, la déviation de 1 mm est donnée par un courant de 25.10^{-9} ampère; la résistance du cadre est de 216 ohms (*fig.* 1).

M. Blondel présente un nouveau modèle de *galvanomètre à résonance* dont la fréquence peut être réglée à distance; c'est un appareil à cadre mobile dont la suspension est bifilaire; les dimensions du cadre sont très réduites et l'inertie aussi petite que possible. La fréquence propre est réglée : 1° par l'écartement des chevalets qui limitent la longueur utile du bifilaire et, 2°, par la tension exercée sur le bifilaire par un électro-aimant. Le mouvement des chevalets peut être commandé à distance ou de près et l'ajustage final se fait en agissant sur le courant de l'électro-aimant; il est donc possible d'amener le système à la résonance parfaite pendant le cours des mesures et sans rien arrêter. Les deux facteurs ci-dessus permettent de faire varier la fréquence entre 25 et 1200 périodes par seconde.

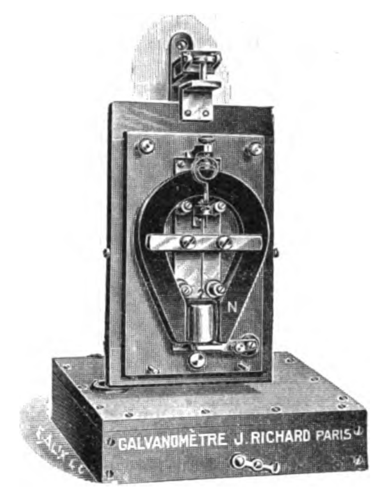


Fig. 1. — Galvanomètre portatif à miroir de J. Richard et Turpain pour mesures bolométriques.

Le *galvanomètre à résonance* de Carpentier est également muni d'un très petit cadre mobile (largeur, 4 mm; hauteur, 60 mm; poids inférieur à 2 g). La suspension est bifilaire. Le champ est fourni soit par un électro-aimant soit par un aimant permanent. Dans le premier cas, la constante galvanométrique A, calculée comme ci-dessus, est voisine de 30; avec les aimants, elle atteint seulement 8 à 9. L'appareil destiné à la transmission des images à distance, par le système Belin, donne une déviation de 1 mm à 1 m de distance pour un courant de 20 microampères, à la fréquence de 50 et avec le cadre fermé sur un circuit amortisseur.

Dans les mesures balistiques on a souvent besoin de faire varier la sensibilité du galvanomètre dans un rapport connu, ceci exige : 1° que le galvanomètre se trouve toujours fermé sur la même résistance, la constante balistique variant avec la résistance du circuit amortisseur; 2° que le produit du pouvoir multiplicateur du shunt et de la résistance du circuit induit varie suivant un rapport donné. Dans le *réducteur* Mamlok (ateliers Carpentier), le problème est résolu en formant le shunt par un certain nombre de résistances en parallèle (*fig.* 2), l'une d'entre elles étant retirée du shunt et placée en série avec la bobine induite dans le cas des mesures balistiques, ou en dérivation sur le circuit où passe le courant à mesurer.

Appelons R la résistance entre les points A et B : Supposons que l'ensemble des résistances comprises entre les barres 1 et 2 ait une résistance s et soit G la résistance du galvanomètre; enfin, appelons m le pouvoir multiplicateur du shunt et i l'intensité dans le galvanomètre.

Si les bornes A et B sont en dérivation sur une faible résistance et s'il existe entre elles une différence de potentiel U, on a

$$U = Rmi;$$

de même, si A et B sont reliées par une bobine de faible résistance où se produit une variation de flux $\Delta\Phi$, une quantité d'électricité q traverse le galvanomètre

$$\Delta\Phi = Rmq;$$

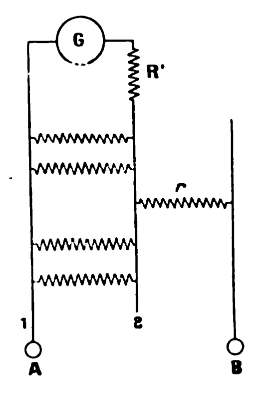


Fig. 2. — Schéma du réducteur Mamlok.

dans les deux cas, il faut donner au produit Rm des valeurs connues pour connaître U ou $\Delta\Phi$.

La résistance R se compose de la résistance r de la branche séparée et de la dérivation entre les barres 1 et 2; mais, comme on suppose le circuit de liaison entre A et B de résistance négligeable, on peut considérer toutes les résistances, même r, comme dérivées entre 1 et 2 et l'on a, en appelant $\frac{1}{\rho}$ la conductibilité entre ces barres,

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{G} + \frac{1}{s} + \frac{1}{r};$$

or,

$$Rm = \left(r + \frac{Gs}{G+s}\right)\frac{G+s}{s} = \left(\frac{1}{G} + \frac{1}{s} + \frac{1}{r}\right)rG = r\frac{G}{\rho};$$

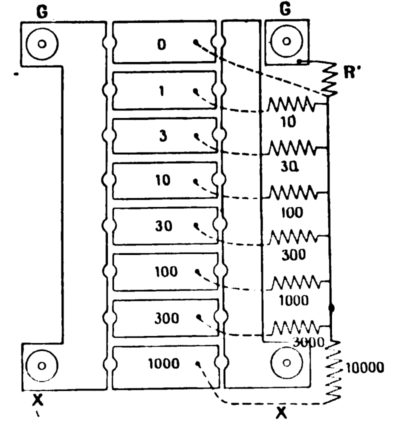


Fig. 3. — Réducteur Mamlok.

le produit Rm est donc proportionnel à r. Donc, si l'on veut établir un shunt donnant des constantes suivant certains rapports, il suffira de constituer ce shunt par des résistances ayant entre elles les rapports cherchés et d'intercaler la bobine induite, ou la différence de potentiel, dans la résistance convenable.

Le combinateur à fiches de la figure 3 résout ce problème de la façon la plus simple : la bobine étant reliée aux bornes XX et le galvanomètre en GG, une seule fiche est placée à droite, toutes les autres à gauche; le pouvoir multiplicateur relatif est indiqué par le nombre écrit sur le plot de la fiche de droite. Une résistance additionnelle R' sert à régler l'amortissement du galvanomètre.

III. Électromètres. — L'étude des corps radioactifs a donné un nouveau champ d'applications aux électromètres, bien délaissés d'autre part, et amené la création d'un grand nombre de modèles dont fort peu d'ailleurs présentent des points réellement nouveaux. Nous en signalerons trois qui sortent un peu des formes connues.

L'*électromètre portatif à miroir* de Crémieu [1] (Ph. Pellin) a son équipage mobile formé par un fil métallique replié en U renversé et suspendu par son milieu (*fig.* 4); le tout est placé parallèlement à une pièce métallique fixe qui agit par répulsion. L'amortissement est produit par la résistance de l'air sur des fils d'argent de 0,02 mm qui agissent à la façon des fils ténus employés, il y a quelques années, par M. Favé pour son astrolabe. A 2 m, la déviation est de 50 mm pour 1 volt; la capacité électrostatique de l'instrument est environ de 10 cm quand le fil de suspension n'est pas tordu préalablement.

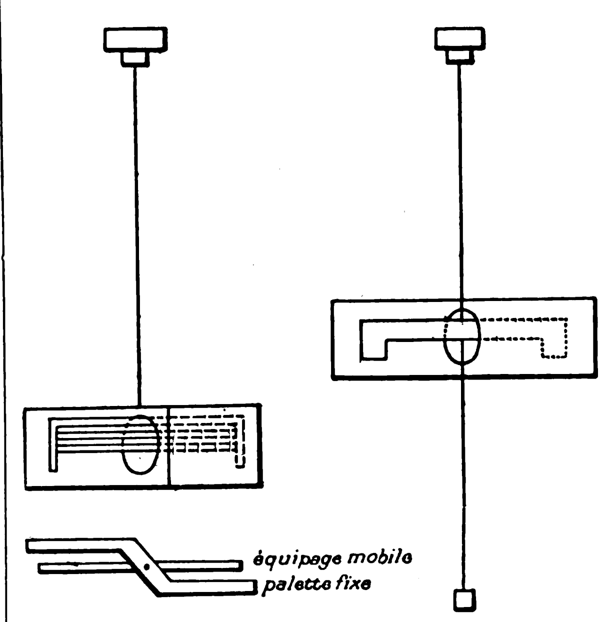


Fig. 4. — Schéma de l'électromètre à miroir Crémieu.
Fig. 5. — Schéma de l'électroscope Crémieu.

Dans un autre modèle dérivé du précédent, l'équipage mobile est formé par une lamelle métallique suspendue au milieu d'un fil de torsion et placée en face d'une lame fixe (*fig.* 5). Le tout est enfermé dans un simple cylindre

[1] *La Revue électrique*, t. XIX, 21 mars 1913, p. 293.

en verre sur lequel on peut coller une échelle divisée sur papier. L'appareil est extrêmement robuste et permet d'obtenir des mesures approximatives des tensions. Sans torsion initiale du fil de suspension, la déviation est de 25° pour 380 volts et de 70° pour 1600 volts. Avec une torsion d'un tour du bouton supérieur, on a, pour les mêmes déviations, 1230 et 3300 volts.

Les *électromètres* de Szilard sont montés sur pivots; l'équipage mobile est formé par le secteur de fil métallique A (*fig.* 6 et 7), qui traverse le quadrant fixe S.

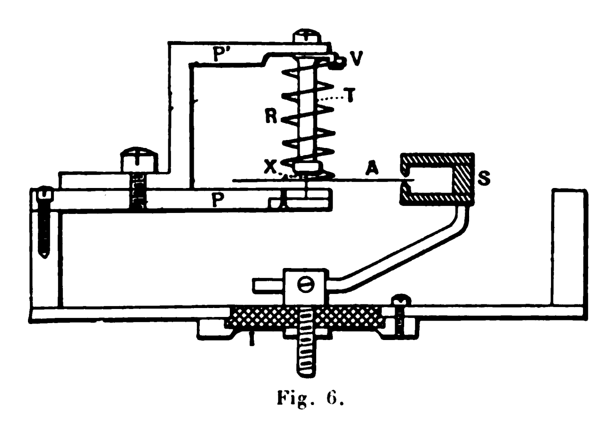


Fig. 6.

L'équipage mobile est relié à la masse de l'appareil et le secteur fixe est isolé et peut être relié à la source de courant à mesurer. La force antagoniste est fournie par un

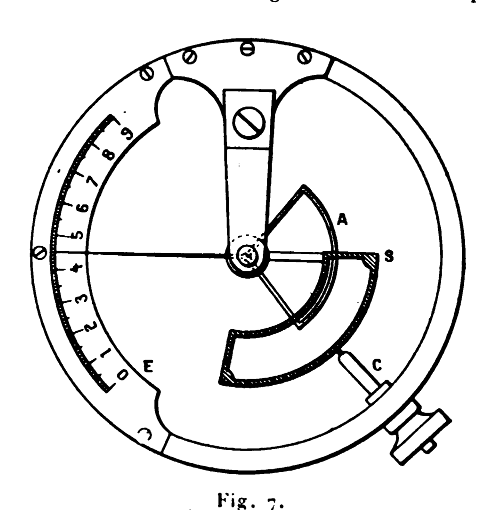


Fig. 7.

ressort spiral ou en hélice et, dans ce dernier cas, il sert aussi à suspendre l'équipage afin de diminuer le frottement sur le pivot inférieur. L'échelle commence à 250 volts environ et va jusqu'à 1000 volts; chaque division vaut 5 volts, et si l'on pointe au microscope, ce que la forme plate de l'instrument permet facilement, on peut apprécier le centième, soit 0,05 volt; comme la capacité est de l'ordre de 2 cm, une division de l'échelle parcourue en une seconde correspond à un courant de l'ordre de 10^{-11} ampère.

IV. Appareils divers. — La *Revue* a déjà signalé l'appareil de M. Boucherot pour la mesure de l'irrégularité des moteurs ([1]). La Compagnie des Compteurs a donné à cet appareil une forme un peu différente en utilisant un petit galvanomètre industriel à cadre mobile C monté sur pivots et muni d'un miroir. La force directrice est produite par deux ressorts RR agissant au bout de l'index (*fig.* 8), et dont la tension peut varier graduellement au moyen d'une vis V à double filetage qui rapproche ou éloigne simultanément les deux écrous EE. La sensibilité de l'appareil modifié est telle que, à 1 m de distance, l'amplitude des oscillations du spot mobile couvre toute l'échelle divisée avec 110 volts et 25 000 ohms dans le circuit. Une fois la résonance établie, on dérègle légèrement la tension des ressorts pour obtenir les battements et l'on fait varier l'amplitude en changeant la résistance en circuit qui peut alors descendre à 2500 ohms environ. Toute la mesure repose ainsi sur le rapport des résistances. L'appareil est établi pour la fréquence moyenne prévue et permet des variations de 10 pour 100 environ de cette fréquence.

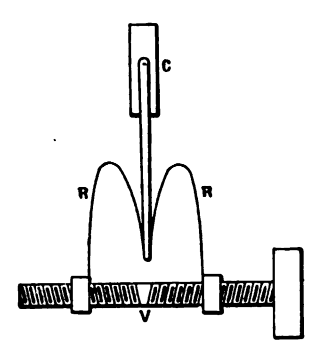


Fig. 8. — Schéma du galvanomètre pour la méthode de Boucherot.

M. Blondel donne une autre solution du problème : une dynamo à force électromotrice rigoureusement proportionnelle à la vitesse est attelée au moteur étudié et le courant engendré est envoyé au galvanomètre à résonance décrit plus haut; il suffit de décomposer le courant par résonance pour connaître la fréquence et l'amplitude de toutes les irrégularités. Bien entendu, il ne faut pas songer, dans ce cas, à employer une dynamo à collecteur qui introduirait dans la f. é. m. toutes sortes d'harmoniques et M. Blondel a fait construire par Harlé et Cie une dynamo unipolaire dont l'induit est formé par une cloche en cuivre tournant dans un entrefer cylindrique; des balais fixes recueillent le courant. La f. é. m. est de 0,01 volt environ pour 100 tours par minute. Pendant la mesure on équilibre la tension moyenne au moyen d'un courant pris sur un potentiomètre afin de ramener le spot du galvanomètre à résonance au zéro. L'auteur indique une sensibilité permettant de déceler des variations de vitesse de l'ordre du millième avec une précision de 5 pour 100 sur l'amplitude.

([1]) *La Revue électrique*, t. XIX, 17 janv. 1913, p. 66.



Les ateliers Da et Dutilh présentaient un petit *compteur* construit sur mes indications et destiné à la mesure du glissement des moteurs asynchrones. Ce compteur est basé sur la mesure simultanée de la vitesse du moteur et de la fréquence du courant. Dans les mesures à la plateforme, il est bien rare qu'on ait une vitesse constante de l'alternateur, de sorte qu'à moins d'employer la méthode stroboscopique, ou les battements d'un ampèremètre, on trouve pour le glissement des valeurs tout à fait incertaines. Au contraire, si la détermination de la fréquence et du nombre de tours sont rigoureusement simultanées, la différence des deux nombres donne exactement le glissement et il n'est même pas nécessaire de faire usage d'un compteur de temps, la durée de la mesure affectant les deux facteurs dans le même rapport.

L'appareil se compose essentiellement de deux compteurs à vis tangente A et B (*fig.* 9). L'une des vis V_1 est

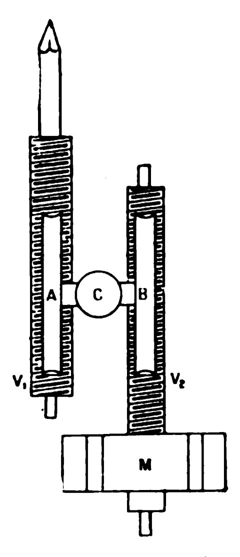


Fig. 9. — Schéma du compteur de glissement Armagnat.

munie d'un pointeau que l'on met en contact avec l'arbre du moteur essayé; l'autre, V_2 est fixée à l'axe d'un petit moteur synchrone M à quatre pôles. Au repos, les rouages A et B, qui sont montés sur un même bâti, sont éloignés des vis V_1, V_2 par l'action d'un ressort. Les rouages sont mis au zéro avant la mesure; le moteur synchrone, relié au circuit à l'aide de résistances appropriées, est mis en marche par une simple impulsion, le pointeau est mis en contact avec l'arbre du moteur et il suffit alors de presser sur le bouton C pendant un temps suffisant pour que les deux rouages totalisent les nombres de tours N du pointeau et n du moteur synchrone pendant ce temps. Si le moteur essayé a $2p$ pôles, le glissement est exprimé par

$$g = \frac{n - \frac{p}{2}N}{n},$$

et si la mesure a été faite pendant t secondes, on obtient la fréquence f

$$f = \frac{2n}{t}.$$

En outre, l'appareil peut servir comme compteur de tours ordinaire en utilisant seulement le rouage A et en laissant le moteur synchrone au repos. Ce compteur peut donc recevoir trois applications : compteur de tours, mesureur de fréquence et compteur de glissement.

L'appareil d'essai des câbles sous tension réalisé par M. André Léauté a été décrit ici [1], nous nous bornerons à signaler aujourd'hui les résultats obtenus et aussi un petit perfectionnement. La bobine de self-induction est montée invariablement avec toutes ses galettes en place et un commutateur spécial, placé dans deux boîtes remplies d'huile, sert à faire les combinaisons nécessaires sans arrêter l'expérience. Chaque boîte de commutateur occupe 120 × 34 × 48 cm environ, toutes les connexions sont faites sur des plots isolés sur porcelaine; des ajutages convenables permettent de vider rapidement l'huile pour le transport (*fig.* 10).

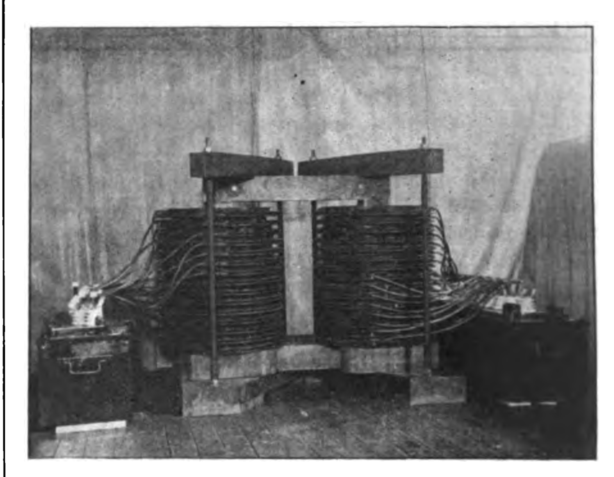


Fig. 10. — Appareil A. Léauté pour essais de câbles.

Prenons comme exemples d'applications deux cas limites : petite et grande longueur de câble.

1° Sur un câble triphasé de 500 m, capacité 0,122 microfarad. La tension de marche était de 9000 volts et l'essai devait être fait au double entre les conducteurs et le plomb. On a obtenu, avec une tension d'alimentation de 9000 volts, une intensité de 0,6 ampère et une tension d'épreuve de 18 200 volts.

2° Deux longueurs de câble triphasé à 10 000 volts : *a.* 8145 m, capacité 1,228 microfarad; *b.* 12 415 m, capacité 1,812 microfarad.

Les essais entre un conducteur et les deux autres réunis au plomb ont donné : tension d'alimentation 7500 volts; intensités : *a.* 8,7 ampères; *b.* 12,2 ampères et tension d'épreuve 20 000 volts.

Ces deux exemples suffisent pour indiquer la souplesse de la méthode.

[1] *La Revue électrique*, t. XVII, 9 février 1912, p. 129.

On sait combien les mesures d'éclairement prennent d'extension aujourd'hui; on ne se contente plus de caractériser un éclairage par la puissance lumineuse employée dans un espace donné, on veut aussi connaître la répartition de la lumière de façon à l'utiliser le mieux possible. Un grand nombre de photomètres d'éclairement ont été imaginés, particulièrement à l'étranger, et il semblait qu'en France nous en étions restés aux instruments précis, mais un peu délicats, tels que celui de Mascart, fort peu employé d'ailleurs. La Société l'Holophane présente aujourd'hui le *luxmètre* Blondel (constructeurs Da et Dutilh) qui est un petit photomètre très portatif destiné à la mesure des éclairements et des intensités lumineuses.

La lumière de comparaison est fournie par une petite lampe à incandescence à filament rectiligne placée derrière un écran à ouverture variable. Le flux lumineux utilisé est proportionnel à la longueur du filament découverte et il suffit de graduer l'ouverture du volet pour obtenir une échelle proportionnelle aux intensités lumineuses. Le flux lumineux de la lampe éclaire un écran diffuseur que l'on observe par réflexion sur une bande argentée placée dans un prisme. Le tout est ainsi disposé qu'on observe la surface éclairée coupée par la bande argentée et il suffit d'égaliser les éclairements des deux parties pour connaître, en lisant la graduation du volet, la valeur cherchée.

Pour les éclairements, on vise un carton blanc placé à l'endroit où l'on veut faire la mesure. Le carton et la lampe sont tarés et réglés à l'avance de telle sorte que la lecture donne directement l'éclairement en lux; il suffit pour cela de déterminer au laboratoire l'intensité du courant dans la lampe pour laquelle cet étalonnage exact est atteint. Un petit ampèremètre et un rhéostat placés dans l'appareil servent au réglage. La graduation est directe de 0 à 50 lux, par dixièmes; au moyen de verres absorbants, d'épaisseur exactement réglée, on peut réduire au dixième et au centième la lumière reçue de l'extérieur et atteindre ainsi 500 et 5000 lux.

Pour la mesure des intensités lumineuses, l'appareil est fermé par un verre opale dont on mesure l'éclairement comme ci-dessus.

Le photomètre occupe 22 × 12 × 6 cm, l'accumulateur double 17 × 10 × 3 cm et l'ensemble est disposé dans un étui très portatif.

L'inclinomètre Abraham est destiné à vérifier la rectitude des trous de mines ou des forages. Il se compose essentiellement d'un transmetteur qui se fixe au bout de la barre de mine et d'un récepteur galvanométrique. Le transmetteur est un transformateur à coefficient d'induction variable; dans l'entrefer d'un électro parcouru par un courant alternatif se trouve un cadre mobile suspendu sur pivots et lesté d'un contrepoids; le tout est réglé de telle sorte que l'appareil étant rigoureusement vertical, le plan du cadre mobile est parallèle aux lignes de force du champ et il n'y a aucune f. é. m. induite dans ce cadre. Dès que le système dévie de la verticale, le cadre embrasse un flux croissant et la f. é. m. induite s'élève. Le récepteur est un galvanomètre à cadre mobile, sans force directrice et à champ alternatif. La position du cadre mobile est à chaque instant celle pour laquelle la f. é. m. engendrée dans le récepteur est égale et opposée à celle du transmetteur. En proportionnant convenablement les dimensions des organes, on peut obtenir la déviation totale du galvanomètre par une inclinaison assez faible du transmetteur.

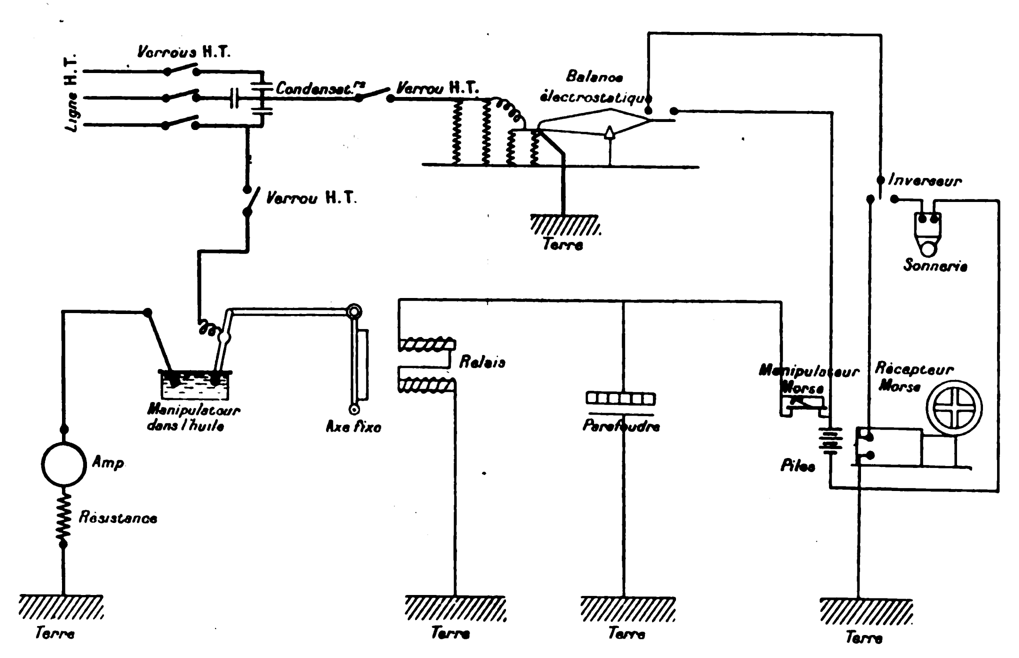


Fig. 11. — Schéma d'un poste de télégraphie pour ligne à haute tension.

La *pile Oxia* (Weissmann) est une résurrection de la



pile de Lalande et Chaperon avec une modification destinée à rendre le dépolarisant régénérable à l'air. Dans ce but, l'oxyde de cuivre est réduit à l'état de poudre impalpable que l'on agglomère ensuite sous pression pour en faire de petites galettes percées au centre. Ces galettes sont empilées sur une tige de cuivre en les alternant avec des disques de cuivre et le tout est serré pour assurer les contacts. Lorsque, après usage, le dépolarisant a perdu son oxygène, il suffit d'exposer les galettes à l'air pour que le cuivre extrêmement divisé s'oxyde à nouveau. Les éléments sont montés dans des vases en fer émaillé à fermeture étanche et remplis de solution de potasse.

Télégraphie. — Le système de télégraphie de M. Gacogne (Société des Téléphones) est destiné à la transmission des dépêches en signaux Morse en utilisant les conducteurs à haute tension pendant la marche du réseau; il permet de relier une centrale aux sous-stations ou aux postes de distribution sans nécessiter la pose d'un fil spécial. La figure schématique 11 montre l'application du système à une ligne triphasée. Si l'on vient à relier une des phases à la terre à travers une grande résistance, le potentiel du point neutre s'élève et agit sur une balance électrostatique, laquelle ferme un circuit local renfermant une sonnerie d'appel et un Morse. La mise à la terre est commandée par un interrupteur à haute tension dans l'huile, dont la manette est actionnée par un électro intercalé dans le circuit local de manipulation. Le manipulateur et le récepteur sont donc isolés de la haute tension et la manœuvre peut s'effectuer sans danger quand le circuit est en charge. Au repos, il suffit de brancher directement les appareils basse tension sur les conducteurs pour disposer d'une transmission Morse ordinaire. Le point neutre fictif est créé, sur la figure, entre trois condensateurs. Le récepteur électrostatique est composé d'une balance portant à une extrémité un plateau et à l'autre un levier de contact; le fléau et le plateau de la balance sont à la terre; le point neutre est relié à un plateau fixe porté sur un isolateur convenable. Dès qu'une variation du potentiel se produit au point neutre, l'attraction électrostatique fait incliner le fléau et le circuit local est fermé, un point ou un trait est inscrit par le Morse.

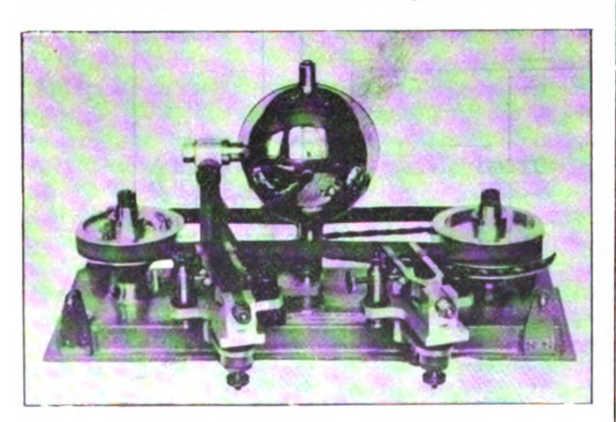


Fig. 12. — Système Magunna pour l'entretien continu des vibrations d'un électro-diapason.

On sait quelles difficultés on rencontre dans l'emploi des *électro-diapasons*, surtout lorsqu'ils sont de notes élevées; M. Magunna est arrivé à produire l'entretien continu des vibrations par un dispositif d'*archet mécanique* assez intéressant. Comme on le voit sur la figure 12, le ou les diapasons sont attaqués, sous un angle convenable (environ 70°) par une courroie sans fin passant sur deux poulies et entraînée par un petit moteur électrique. Lorsque tout est bien réglé, la courroie effleure à peine le bout des diapasons et l'on arrive à leur donner une amplitude parfaitement régulière. Des contacts disposés sur les diapasons viennent toucher le bout des vis platinées, de sorte qu'à chaque période complète le circuit se trouve fermé une fois sans qu'il y ait aucune réaction sur le diapason lui-même; la marche du système est telle qu'il est possible de se servir de ces contacts pour établir et rompre les courants relativement intenses et de tension élevée.

Employé en télégraphie multiplex, système Mercadier-Magunna, ce dispositif a complètement remplacé les anciens diapasons à entretien électrique et cela au grand avantage de la transmission.

En *télégraphie sans fil*, le même système a permis la réalisation de postes transmetteurs à note musicale extrêmement réduits comme poids et encombrement. Les figures 13 et 14 montrent l'un de ces postes ouvert et fermé. Le courant est engendré par un petit groupe électrogène à pétrole, il traverse les contacts du diapason et le primaire de la bobine; le secondaire de celle-ci est relié aux self-inductions de réglage et à l'éclateur à cylindres visible sur le haut de la figure 14.

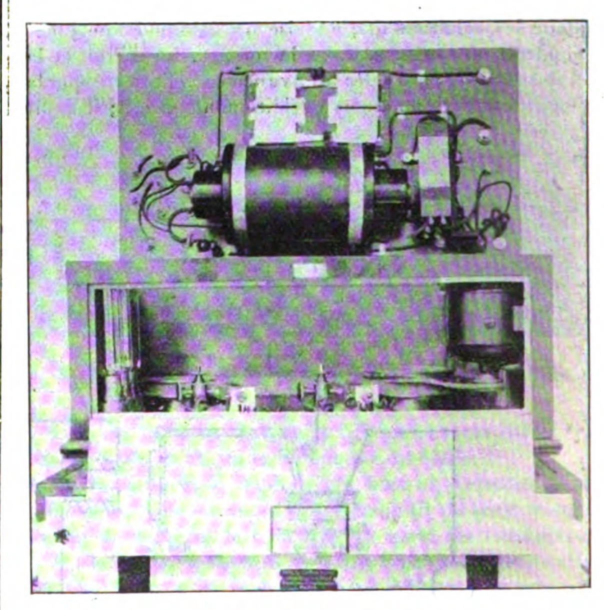


Fig. 13. — Application des diapasons Magunna à des émissions radiotélégraphiques musicales.

Les résultats obtenus sont les suivants : le courant efficace dans le primaire est de 5 ampères avec une tension aux bornes de 70 volts efficaces. Les diapasons donnent 640 et 768 vd, c'est-à-dire des notes parfaitement recon-

naissables et très musicales. La tension secondaire maximum est d'environ 7000 volts et l'appareil attaquant directement une antenne de 580 m de longueur d'onde et de 0,0014 microfarad donne sur cette antenne une intensité efficace de 1,7 ampère.

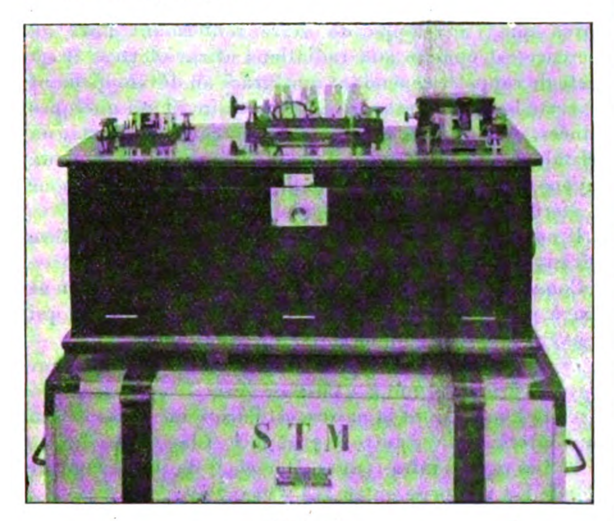


Fig 14.

Le poste transmetteur à deux diapasons de la figure pèse 17,5 kg, mais un autre modèle à un seul diapason a été construit pour l'aéronautique et pèse seulement 11,5 kg. Le groupe électrogène complet pèse 13,5 kg.

Pour la réception, M. Magunna emploie un *monotéléphone à anche libre* réglé sur le diapason transmetteur. Cet appareil est un téléphone ordinaire dont la membrane a été remplacée par un disque de cuivre épais dans lequel est percée une fenêtre rectangulaire où vient se loger l'anche vibrante en acier qui est fixée par une de ses extrémités. La sensibilité de ce monotéléphone à la résonance est très grande et le son émis très pur.

H. Armagnat.

RAYONS ULTRAVIOLETS.

La stérilisation des eaux par les rayons ultraviolets.

Depuis plusieurs années, la stérilisation de l'eau destinée aux usages de la vie courante a pris une importance de plus en plus grande, parce que, grâce aux recherches de nombreux savants, il est aujourd'hui hors de doute qu'une grande partie des maladies épidémiques sont d'origine hydrique. Les microbes nocifs sont transportés par les eaux et amenés ainsi dans les distributions urbaines et particulières : par ce moyen, de nombreuses épidémies ont pu se propager. La conséquence logique de la découverte du danger hydrique a été l'application de divers procédés destinés à débarrasser l'eau des principes nuisibles, tant chimiques que bactériologiques, qu'elle pouvait contenir.

Sans vouloir refaire ici tout l'historique du développement des méthodes de purification des eaux au cours du siècle passé, nous croyons utile de rappeler qu'on peut diviser ces procédés en trois chapitres : les méthodes mécaniques, les méthodes chimiques et les méthodes physiques.

L'ébullition a toujours été un procédé pratique pour débarrasser une eau de boisson de ses propriétés nuisibles, mais les avantages de cette méthode sont contre-balancés par les défauts de la boisson ainsi obtenue qui est lourde, indigeste et souvent même de goût désagréable.

Méthodes mécaniques. — Par méthode mécanique, nous entendons un système grâce auquel les matières en suspension dans une eau quelconque sont éliminées, sans effectuer la moindre transformation physique, ou chimique, du liquide. La seule méthode remplissant ce desideratum est la filtration. La filtration a toujours existé dans la nature et les premiers filtres dits *anglais*, qui firent leur apparition en Angleterre vers le milieu du siècle passé, étaient simplement l'application de la méthode naturelle de filtration à travers les couches géologiques de sable ou de gravier. Depuis lors, les procédés ont été perfectionnés, et aujourd'hui de nombreux systèmes de filtration existent. Tous, pour ainsi dire, donnent des résultats satisfaisants au point de vue mécanique; mais tous ne peuvent parvenir à débarrasser complètement les eaux contaminées des microbes qu'elles renferment. Il est vrai que la mince pellicule qui se forme à la surface d'un filtre en sable parvient à éliminer une très forte proportion des microbes, mais le colmatage de l'appareil suit si rapidement que les frais de remise en état sont souvent excessifs.

La filtration a son rôle tout indiqué pour la *clarification* de l'eau, mais pour sa *purification* il est nécessaire de s'adresser à d'autres méthodes basées sur des principes totalement différents.

Méthodes chimiques. — Avec l'entrée en usage des antiseptiques dans la pratique tant chirurgicale que courante, les méthodes de stérilisation de l'eau par l'emploi de produits chimiques ont fait leur apparition. Ces méthodes, quoique très nombreuses, peuvent en principe se diviser en deux catégories : celles où l'on ajoute un désinfectant liquide ou solide à l'eau et celles où la stérilisation est effectuée par un gaz possédant des propriétés bactéricides (en la circonstance : l'ozone). Il est évident que toutes ces méthodes sont capables d'effectuer la stérilisation de l'eau, car il s'agit simplement d'ajouter au liquide une quantité suffisante de désinfectant. Malheureusement pour les apôtres de ces procédés, le public ne peut se décider à absorber des médicaments sous cette forme et, par suite, la stérilisation chimique a joué, joue, et probablement jouera toujours le rôle d'un procédé de fortune. L'ozone seul, comme exception qui prouve la règle, est capable de fournir des résultats à peu près satisfaisants en service normal; et l'air ozoné, mélangé par un système quelconque à l'eau dont la stérilisation est désirée, est susceptible de donner d'excellents résultats, si ce mélange est opéré d'une façon scientifique, et suffisamment surveillée. Le grand défaut de l'ozonisation réside dans le goût métallique acquis par le liquide ainsi traité, et, en deuxième ligne, par le prix élevé d'installation et d'exploitation des appareils de stérilisation par ce procédé.

Méthodes physiques. — Les procédés physiques de stérilisation de l'eau sont aux méthodes chimiques ce que, dans la pratique chirurgicale, l'aseptie est à l'antiseptie. Dans ces méthodes, aucun agent n'est ajouté au liquide présumé contaminé, le résultat étant obtenu ou par la *chaleur* ou par la *lumière* sans chaleur.

Les méthodes de stérilisation par la chaleur sont connues de tout le monde. Il s'agit simplement de chauffer l'eau sous pression à une température égale ou supérieure à 110°, évitant ainsi son ébullition, ce qui permet, dans une large mesure, de conserver les gaz contenus dans le liquide et d'éviter le plus possible la transformation des propriétés naturelles de l'eau.

Ce fut grâce à la découverte des procédés de stérilisation par les rayons ultraviolets qu'une méthode vraiment pratique fut développée. Ce procédé n'est pas fondamentalement nouveau; on peut même soutenir qu'il est aussi ancien que notre planète. En effet, il serait difficile d'expliquer l'autopurification des eaux courantes exposées à la lumière du soleil, sans faire une large part à l'intervention des rayons ultraviolets solaires. Bien entendu, ces rayons nous parviennent d'une façon excessivement atténuée, et leur intensité est si faible que le résultat est long à se produire. Néanmoins, le fait est certain que, si les eaux contaminées d'une même provenance se trouvent divisées en deux courants d'une longueur suffisante, dont l'un souterrain et l'autre à l'air libre, le liquide du dernier se trouvera purifié dans une certaine mesure, tandis que l'autre conservera toute sa contamination.

Les premières expériences avec les rayons ultraviolets, dont nous avons connaissance, furent les travaux de MM. Downes et Blunt, qui, en 1877, étudièrent l'effet de la lumière sur les microbes.

Depuis lors, le nombre des savants qui ont porté leur attention sur ce sujet va toujours grandissant. Les principaux d'entre eux sont : Duclaux (1885), Arloing (1885), Roux (1887), Buchner (1892), Marschall Ward (1893), Ledoux-Lebard (1893), Richardson (1893), Dieudonné (1894), Finsen et ses élèves : Bie, Bang et Jansen (1899 à 1907); Tappeiner et Jallbauer et leurs élèves (1905 à 1909). La majorité de ces recherches, et notamment celles effectuées par Finsen et ses élèves, furent entreprises au moyen d'un arc produit entre deux électrodes métalliques, ou plus exactement des électrodes en fer. Ce type d'appareil fut celui employé par Finsen pendant la plupart de ses expériences et surtout pour le traitement du lupus, dans lequel il s'était spécialisé.

Quoique assez bien approprié aux expériences médicales, l'arc au fer ne pourrait jamais devenir pratique pour des usages industriels, ceci en raison de son manque de stabilité et du mécanisme compliqué nécessaire pour maintenir les électrodes à une distance convenable l'une de l'autre. De plus, les oxydes de fer et autres particules métalliques qui se trouvent dans les arcs de Finsen doivent être enlevés pour obvier aux fluctuations et autres ennuis.

L'arc à vapeur de mercure, produit dans le vide, possède des qualités toutes spéciales au point de vue de l'émission des rayons ultraviolets. La genèse de son emploi industriel se trouve dans un brevet pris par M. Peter Cooper-Hewitt en 1901. Ce brevet couvre une lampe à vapeur de mercure, formée d'un tube dans lequel on a fait le vide et contenant du mercure dont la vapeur, produite par un chauffage approprié, permet la formation d'un arc entre les deux électrodes métalliques. Depuis son invention, cette lampe, destinée à l'éclairage industriel, a subi de nombreux perfectionnements qui ne nous intéressent pas au point de vue de la stérilisation des eaux, parce que l'enveloppe de verre renfermant l'arc au mercure est opaque aux radiations ultraviolettes. Il est juste de rappeler cependant que, grâce au développement de cette lampe, on est arrivé à construire, il y a quelques années, des brûleurs à vapeur de mercure en quartz, ou cristal de roche fondu, substance transparente aux rayons ultraviolets, ce qui a enfin permis leur emploi pour la stérilisation.

Il nous est maintenant nécessaire de définir la nature des rayons dits *ultraviolets*.

Comme nous le savons, les vibrations de l'éther donnent lieu à une série assez distincte de groupes d'ondes qui peuvent se classer comme suit d'après leur longueur :

1° Des ondes électriques (Hertz) dont la longueur d'onde varie de 3 mm à 2 km;

2° Les ondes dont la nature est encore inconnue et qui sont intermédiaires entre le groupe 1 et le groupe 3;

3° Les rayons infra-rouges (Herschel) dont la longueur d'onde est comprise entre 313 μ et 0,75 μ;

4° Les rayons visibles (Newton) compris entre 0,75 μ et 0,40 μ;

5° Les rayons ultraviolets (Ritter) compris entre 0,40 μ et 0,10 μ.

La vitesse de toutes ces ondes est de 300 000 km : seconde.

Cet exposé sommaire est nécessaire pour nous permettre de rappeler que le quartz fondu absorbe les rayons dont la longueur est inférieure à 0,2 μ, tandis que l'air, sous une épaisseur de quelques centimètres, absorbe à peine les rayons dont le quartz permet le passage.

Sous une profondeur de plusieurs kilomètres, l'atmosphère terrestre absorbe tous les rayons ultraviolets émis par le soleil, jusqu'à environ 0,3 μ.

Il est facile de comprendre que les organismes vivants sont adaptés à la lumière du soleil telle qu'elle parvient à la surface de la terre après avoir été filtrée par l'atmosphère. Les rayons ultraviolets, qui sont en grande partie arrêtés par l'atmosphère, sont particulièrement nuisibles à tous les organismes vivants, surtout aux plus petits d'entre eux. Grâce à l'évolution de l'arc à vapeur de mercure et au développement des brûleurs en quartz émettant des rayons ultraviolets, plusieurs savants se mirent à l'œuvre pour étudier les effets obtenus avec cette nouvelle source lumineuse. Parmi les principaux de ces savants, nous pouvons citer : MM. Courmont et Nogier, à Lyon, et MM. Henri, Helbronner et de Recklinghausen, qui ont entrepris leurs expériences dans le Laboratoire de Physiologie de l'Université de Paris, à la Sorbonne.

Le fait fut rapidement établi que le bactérium coli, qui est, comme on le sait, un des microbes hydriques dont la présence est le plus à redouter, fut complètement éliminé de l'eau contaminée après les temps suivants :

En	1 seconde	à une distance de	10 cm,
»	4 »	»	20 —,
»	15 »	»	40 —,
»	30 »	»	60 —.

La lampe employée pour ces expériences était la lampe Silica de 220 volts construite par la Westinghouse Cooper-Hewitt C° Ltd.

Au point de vue de la résistance, tous les microbes ne se comportent pas de la même façon sous l'influence des rayons ultraviolets. Il est intéressant de rappeler que, sous des mêmes conditions d'essai, le staphylocoque, le spirille du choléra, le bactérium coli, le bactérium typhique, le pneumo-bacille, le bacille subtilis et le bacille tétanos sont tués dans des durées respectivement proportionnelles à environ 1, 2, 3, 4, 5 et 6.

Au point de vue technique, il est nécessaire, dès le début, de prévoir certaines éventualités dans toute installation pour la stérilisation de l'eau au moyen des rayons ultraviolets. Il est, en premier lieu, utile de se rappeler que la méthode est un procédé de *stérilisation* et non un procédé de *clarification*, c'est-à-dire qu'une eau trouble traitée par les rayons ultraviolets demeure trouble et, en raison des matières en suspension dans le liquide, la stérilisation serait certainement imparfaite. Il faut donc que l'eau soit, sinon aussi limpide que l'eau distillée, du moins franchement limpide et incolore, et, dans beaucoup de cas, ceci implique au moins une filtration avant le traitement par les rayons ultraviolets.

Il est facile de se rendre compte de la clarté d'une eau en l'examinant sous une forte lumière dans un ballon de verre; mais, afin de pouvoir juger de sa coloration, deux méthodes d'examen ont été adoptées.

La première de ces méthodes consiste en l'emploi du teintomètre de Lovibond : un appareil dans lequel une colonne d'eau d'une longueur donnée est comparée en transparence et coloration avec une série de lamelles en cristal teinté en rouge, bleu et jaune, d'après une échelle de coloration rigoureusement étalonnée. Grâce à cet appareil, il est possible de déterminer immédiatement la coloration d'une eau quelconque en comparaison avec l'étalon déterminé des lamelles en cristal teinté.

La deuxième méthode d'examen consiste en l'exposition aux rayons ultraviolets d'une feuille de papier photographique au citrate d'argent à travers une colonne d'eau de longueur donnée. Le nombre de secondes nécessaires à obtenir une coloration donnée du papier sera alors mis en comparaison avec le temps nécessaire pour obtenir la même coloration sur une colonne d'eau distillée de longueur égale.

La technique de la stérilisation de l'eau par les rayons ultraviolets est, en principe, très simple : il suffit d'exposer l'eau dont la purification est désirée aux radiations d'un brûleur en quartz à vapeur de mercure et la stérilisation est effectuée.

Ceci, qui est vrai pour le laboratoire, pourrait, en de nombreux cas, être faux dans la pratique, car il s'agit, non seulement d'exposer l'eau à l'action d'un brûleur à vapeur de mercure, mais aussi d'effectuer cette exposition d'une façon telle qu'on puisse obtenir la stérilisation d'une quantité maximum d'eau pour une dépense minimum de courant électrique. Il semblerait donc logique de plonger la lampe dans le liquide à stériliser. Malheureusement, cette solution, quoique simple, n'est réellement pas praticable, car, si l'eau est légèrement calcaire, un dépôt de sels s'effectue sur le tube du brûleur, d'une façon identique à l'encrassement des tubes de chaudières. De plus, le rendement aux rayons ultraviolets est réduit en une très forte proportion; la consommation électrique étant notablement augmentée. Après de nombreuses expériences avec des brûleurs de ce système, il a été nécessaire de trouver une autre méthode permettant d'employer la source lumineuse sans permettre le contact de l'eau avec la surface du brûleur. Les appareils ont plusieurs formes différentes répondant aux divers besoins. Ils comprennent des séries de chicanes disposées de façon à remuer l'eau dans tous les sens pendant son séjour sous les rayons, pour éviter le passage de bactéries à l'ombre d'une particule de poussière ou autres débris. Des appareils de ce genre ont donné d'excellents résultats en plusieurs circonstances, et il faut s'attendre à voir leur emploi se généraliser.

Une des applications les plus intéressantes de la stérilisation de l'eau par les rayons ultraviolets est celle des appareils à débit moyen, donc applicables aux services d'usines, hôpitaux, hôtels, etc., quoique paraissant simple au premier abord, le problème posé par la construction d'un tel appareil était une réalisation pratique assez ardue. Nonobstant les difficultés, des appareils ont pu être établis, et nous pouvons citer ceux construits par la Westinghouse Cooper-Hewitt C°.

Le principe de ces appareils à débit restreint a été modifié de façon à assurer le maximum de simplicité et de telle façon que son tube lumineux se trouve à quelques millimètres au-dessus de la surface. Le brassage de l'eau est obtenu par un système de chicanes coniques concentriques, dont la disposition est telle que l'eau est exposée à trois reprises à l'action des rayons ultraviolets.

Le procédé de stérilisation de l'eau par les rayons ultraviolets est le seul avec lequel les qualités physiques et chimiques de l'eau restent sans changement, l'effet étant strictement bactéricide, tous les gaz, tous les sels naturels de l'eau restant à leur état primitif.

Tout nous porte à prévoir que ce procédé de stérilisation des eaux par les rayons ultraviolets est, par sa simplicité et son efficacité, appelé à un fécond avenir.

A.-W. KIPLING.

Sur la stérilisation de l'eau par les rayons ultraviolets.

Aux indications données dans l'article précédent, nous ajouterons les quelques renseignements suivants puisés dans une communication faite à la séance du 5 mars de la Société internationale des Électriciens, par M. DE RECKLINGHAUSEN et dans les observations faites à ce propos par M. Daniel BERTHELOT [1].

I. M. de Recklinghausen commence par présenter l'appareil de la Westinghouse Cooper-Hewitt C°, que montre la figure 1, et qui se compose d'une cuve avec chicanes pour le brassage de l'eau et d'une lampe à vapeur de mercure à tube de quartz enfermée dans une chambre avec fenêtres en quartz mettant la lampe à l'abri du contact de l'eau et permettant à celle-ci d'atteindre la température

[1] *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, 3e série, t. III, p. 171 à 198.

élevée nécessaire pour un fonctionnement économique. Avec cet appareil, l'eau, préalablement libérée des matières en suspension par un filtrage, est stérilisée avec une consommation de 25 à 30 watts-heures par mètre cube.

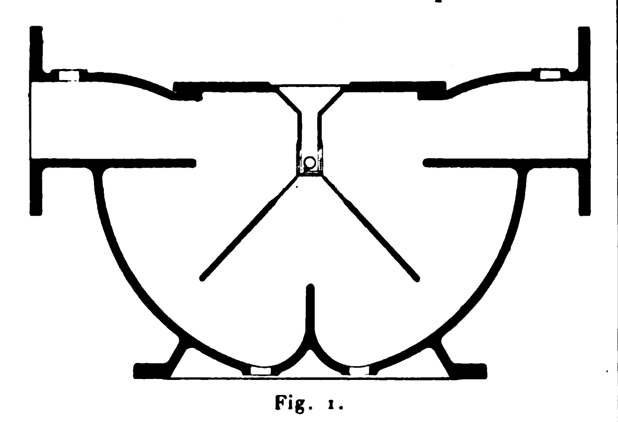


Fig. 1.

Avec cet appareil, une partie assez notable des radiations de la lampe ne peut pénétrer dans l'eau. Pour atténuer cet inconvénient et en même temps pouvoir réaliser un appareil plus puissant permettant de stériliser un plus grand volume d'eau dans le même temps, la Westinghouse Cooper-Hewitt C° a construit une lampe spéciale, formée d'un tube replié sur lui-même (*fig.* 2 et 3) et placée dans

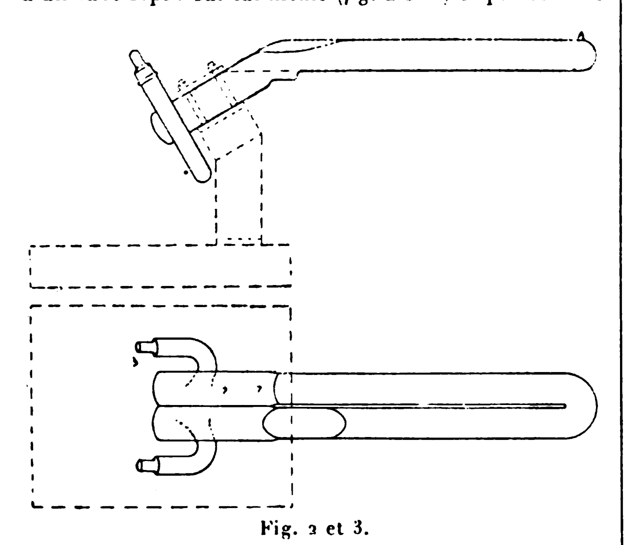


Fig. 2 et 3.

la cuve de stérilisation comme l'indique la figure 4. La chambre prévue pour cette lampe, dite *lampe pistolet* à cause de sa forme, est constituée par un simple tube de quartz de diamètre un peu supérieur à la largeur de la lampe; le basculement de la lampe nécessaire pour l'allumage s'effectue après avoir tiré la lampe en arrière dans une chambre close pourvue d'un regard permettant à l'opérateur de s'assurer du bon fonctionnement, tout en le mettant à l'abri des effets nocifs du rayonnement.

Cette lampe a été établie pour fonctionner sur un réseau de 500 volts, avec une différence de potentiel entre électrodes d'environ 375 volts et une intensité de 3 ampères; dans ces conditions, la longueur de chaque branche de la partie lumineuse de la lampe est de 16 cm.

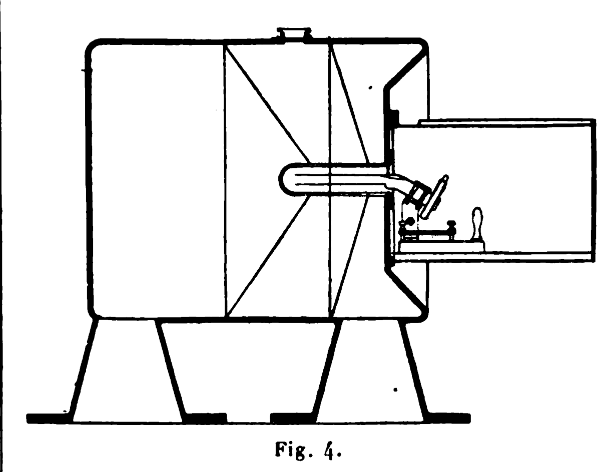


Fig. 4.

En comparant cette lampe avec une lampe de 220 volts, 3,5 ampères, du type employé dans les anciens appareils, on a trouvé que son pouvoir bactéricide est environ 11 fois plus grand, bien que sa consommation électrique ne soit que le double environ.

On peut construire la cuve de stérilisation de manière à employer simultanément deux lampes, que l'on place alors aux deux extrémités d'un même tube de quartz qui traverse horizontalement la cuve de part en part. Un tel appareil consomme environ 3 kilowatts.

Après cette description, M. de Recklinghausen aborde la question de la durée des lampes.

En ce qui concerne les nouvelles lampes, les essais n'ont pu être faits que sur une seule installation comportant deux lampes; on n'a pas remarqué de « changement virtuel dans le rayonnement ultraviolet » après 1300 heures de marche. Avec les anciennes lampes à 220 volts, on a constaté que ces lampes ont, après 3000 heures de service, la même émission d'ultraviolet qu'au début. M. de Recklinghausen ajoute que si, dans certains essais de laboratoire (tels que ceux de Schrötter, publiés dans *Zeitschrift für Hygiene*, t. LXXII, 1912, p. 189), on a observé des dépréciations rapides des lampes, cela tient à ce que les lampes étaient soumises à une différence de potentiel bien supérieure à celles indiquées par le constructeur et qu'elles ont souffert de l'excès de température produit de ce fait. Dans des essais effectués au laboratoire de Physiologie de la Sorbonne et poursuivis pendant 7000 heures, on n'a constaté, au bout de ce temps, qu'une diminution de 10 à 15 pour 100 du rayonnement ultraviolet.

Toutefois, étant donné les doutes qui ont été émis sur le temps pendant lequel une lampe fournit des radiations ultraviolettes, les nouveaux appareils sont disposés de manière à pouvoir utiliser facilement le procédé d'investigation dont parle M. A.-W. Kipling dans l'article précédent : la détermination avec le teintomètre de Lovibond de la teinte que prend une certaine colonne d'eau traversée par les rayons de la lampe.



Le procédé utilisant l'action des rayons ultraviolets sur le citrate d'argent est également indiqué par M. de Recklinghausen pour comparer l'absorption produite par une colonne d'une certaine longueur de l'eau à purifier avec celle que produit une colonne d'air. Pour l'appliquer, on pose verticalement sur la fenêtre de quartz d'un appareil qui est en fonctionnement un tube d'environ 20 cm de hauteur, muni d'une fenêtre de quartz à l'embase. On place au-dessus du tube une feuille de papier citrate pendant un certain temps, par exemple 15 secondes, et l'on obtient une certaine coloration du papier. Après cela, on remplit le tube sur une certaine hauteur, mettons 20 cm, de l'eau dont on veut mesurer l'opacité et l'on expose au-dessus une nouvelle feuille de papier citrate pendant le temps nécessaire pour obtenir la même teinte qu'à travers la colonne d'air. Si le temps est le même que dans la première expérience, on peut dire que le pouvoir absorbant de l'eau est le même que celui d'une colonne d'air de même longueur; si le temps est double, on peut dire que le coefficient d'absorption est double. M. de Recklinghausen ajoute qu'avant d'adopter ce mode de comparaison, il s'est assuré que l'absorption dans l'air est, pour ainsi dire, constante et indépendante de l'état d'humidité.

En terminant, M. de Recklinghausen signale un récent perfectionnement apporté aux stérilisateurs de petits débits qui, jusqu'ici, étaient munis de lampes d'un type similaire au type d'éclairage. Or, les lampes de ce type sont rendues encombrantes par les dimensions qu'il faut leur donner dans le voisinage des électrodes pour assurer un refroidissement suffisant de celles-ci. Dans les nouveaux appareils, ce refroidissement est obtenu par l'eau passant à travers le stérilisateur même. Pour cela, la lampe a la forme d'un U renversé et ses extrémités inférieures sont plongées dans l'eau jusqu'au niveau du mercure servant d'électrode.

II. Les observations de M. Daniel Berthelot portent sur deux points : l'un est d'ordre historique, l'autre concerne la variation qu'éprouve avec la durée de fonctionnement le rayonnement ultraviolet d'une lampe.

En premier lieu, M. D. Berthelot fait remarquer, comme il l'a fait antérieurement dans ce journal [1], que le redressement d'un courant alternatif par l'arc au mercure a été trouvé dès 1882 par Jamin et Maneuvrier; il donne sur les expériences de ces savants des renseignements détaillés.

M. D. Berthelot revendique ensuite en faveur de Charles Lambert, qui s'est distingué depuis par ses travaux dans le domaine frigorifique, l'honneur d'avoir eu, dès 1895, l'initiative d'appliquer les rayons ultraviolets à la stérilisation industrielle des eaux potables. Charles Lambert présenta, en effet, au concours ouvert en 1895 par la ville de Paris un important Mémoire où sont décrites les dispositions qu'il comptait appliquer. Malgré sa netteté, ce Mémoire ne paraît pas avoir retenu l'attention du Service des Eaux de la ville de Paris et ce n'est que 11 ans après que la question de la stérilisation de l'eau par les rayons ultraviolets fut reprise par M. de Mare qui, le 12 juin 1906, faisait breveter en Belgique l'emploi des lampes à vapeur de mercure en quartz pour stériliser les liquides comestibles tels que l'eau. Trois ans plus tard, la question prenait une réelle importance industrielle.

Les sociétés préconisant le nouveau mode de stérilisation se trouvaient alors en face de la situation suivante : dans la majorité des cas, les municipalités ne voulaient rien faire soit par indifférence, soit par manque de moyens financiers; dans d'autres cas, elles avaient adopté des procédés de filtration économiques, mais encore imparfaits; enfin, dans des cas relativement rares, elles avaient fait des installations à l'ozone.

« Il eût importé avant tout, dit M. Berthelot, de secouer l'apathie ou la routine, le champ étant assez mal défriché et assez vaste pour que toutes les initiatives pussent s'y exercer librement. Malheureusement, les diverses sociétés ont commencé par se battre entre elles, et les discussions ont été d'autant plus acharnées que les méthodes se ressemblaient davantage, conformément à une loi psychologique bien connue qui nous montre que de tout temps les croyants ont plus détesté les hérétiques que les infidèles.

» Tout d'abord le procédé par les rayons ultraviolets s'est heurté au procédé par l'ozone; tous deux utilisant l'énergie électrique, on a discuté non sans âpreté, pour savoir lequel des deux était le plus économique.

» Plus vives encore ont été les disputes entre les diverses sociétés de rayons ultraviolets dont les unes préconisaient les *lampes à air libre* qui brûlent au-dessus de l'eau, et les autres les *lampes immergées*.

» L'histoire des compétitions analogues dans le passé nous montre que les sociétés qui se croient les plus fortes feraient mieux, même dans leur propre intérêt, de garder toujours le sentiment de la mesure; ce serait un conseil d'ami à leur donner : mais le proverbe dit qu'ils sont faits pour n'être pas suivis.

» Le résultat a été celui qui est habituel en pareil cas : les témoins et les juges, après s'être divertis du combat, sont tentés de renvoyer les parties dos à dos.

» Consultez à l'heure actuelle les médecins et les hygiénistes; ils vous tiendront pour la plupart le langage suivant : « Nous avons déjà beaucoup de peine à convaincre les municipalités de l'utilité de la stérilisation; » quand elles adoptent les bassins filtrants, nous sommes » à demi satisfaits; si elles acceptent l'ozone, nous estimons avoir obtenu le maximum. Est-il bien utile de » chercher autre chose? Pouvez-vous nous garantir que » l'ultraviolet est aussi efficace, aussi régulier, aussi » économique ? »

» Jusqu'ici, il faut le reconnaître, une telle démonstration n'a pas été donnée.

» Ce n'est un secret pour personne qu'aujourd'hui les autorités administratives, en matière d'hygiène, sont assez tièdes vis-à-vis des procédés ultraviolets.

» En 1910, ont eu lieu des essais méthodiques dirigés par les constructeurs et contrôlés par les autorités scientifiques et administratives, sur l'épuration des eaux du canal de Marseille.

» La Commission extra-municipale de contrôle aboutissait à la conclusion suivante : « En définitive, les systèmes d'épuration par l'ozone ou par les rayons ultraviolets, combinés à une bonne clarification préalable, » ont paru à la Commission susceptibles d'assurer une » purification très satisfaisante de l'eau du canal de Mar-

[1] *La Revue électrique*, t. XIX, 7 février 1913, p. 139.

» seille destinée à l'alimentation; il sera indispensable de » contrôler par des analyses bactériologiques régulières » le fonctionnement des appareils. »

» Les conclusions du rapport de M. Bonjean, chef du laboratoire et membre du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, étaient plus réservées sur l'ultraviolet. Il déclarait que le traitement de l'ozone, après dégrossissage et préfiltration, avait donné des résultats « très » satisfaisants », avec les dispositifs de deux Compagnies différentes. En ce qui concerne l'ultraviolet, voici sa conclusion : « Les résultats que nous avons obtenus sur » l'eau dégrossie et préfiltrée (installation Puech-Chabal) » soumise à l'action des rayons ultraviolets d'une lampe » Cooper-Hewitt d'après le premier dispositif de MM. Victor Henri, Helbronner, de Recklinghausen, ainsi que » les faits publiés et vérifiés jusqu'à ce jour ne nous permettent pas de porter un jugement suffisamment basé » sur la valeur de ce procédé au point de vue de l'épuration efficace des grandes masses d'eaux d'alimentation » publique. »

» Cette réserve a fait place chez nombre de spécialistes à un jugement nettement défavorable à la suite des résultats, irréguliers et peu satisfaisants des essais en grand, poursuivis à Ivry, dans des conditions de contrôle méthodique, sur les procédés ultraviolets.

» Si bien qu'aujourd'hui l'opinion qui tend à se faire jour est la suivante : la stérilisation de l'eau potable par les rayons ultraviolets est un procédé de laboratoire, satisfaisant à petite échelle, mais qui ne donne pas de bons résultats industriels.

» Ce jugement est-il sans appel? Je ne le pense pas pour ma part.

» Il y a deux ans, quand ces procédés de stérilisation éveillaient encore la méfiance qui s'attache à ce qu'on ne connaît pas, j'ai été consulté par des personnalités du monde médical et pharmaceutique, qui se trouvaient en même temps investies de l'autorité administrative dans quelques-unes des villes auxquelles on proposait d'essayer les rayons ultraviolets. Je leur ai répondu que, si ces procédés, en raison de leur jeunesse, n'étaient peut-être pas encore tout à fait au point, ils n'en étaient pas moins très sérieux, et dignes d'être mis à l'essai.

» Mon opinion n'a pas varié. C'est vous dire que si je ne partage pas l'optimisme, à mon sens excessif, de M. de Recklinghausen, je ne partage pas non plus le pessimisme injustifié des Bureaux qui ont la crainte des nouveautés et l'horreur des responsabilités. »

Passant à la question de l'affaiblissement du rayonnement ultraviolet avec le temps, M. D. Berthelot dit qu'il peut se produire sans qu'il y ait en même temps affaiblissement du rayonnement lumineux et qu'il est dû à deux causes : d'une part, des rentrées de petites quantités d'air par les rodages; d'autre part, la formation d'un léger voile de carbone dans l'intérieur de l'appareil. Dans les deux cas, l'affaiblissement commence par la région la plus réfrangible du spectre : on peut dire que le spectre perd progressivement sa queue.

Cette régression de l'ultraviolet est plus ou moins prononcée, plus ou moins rapide suivant les conditions de fonctionnement, notamment l'élévation de température et de voltage, et suivant la perfection de construction des lampes, mais elle se produit toujours et a été constatée depuis deux ans par de nombreux observateurs : MM. Bordier, Courmont et Nogier, Fabry et Buisson, Tian, etc.

Malheureusement, le commencement de cette régression n'est pas accompagné de symptômes apparents; il faudrait disposer de spectrographes à réseau ou de spectrographes à fluorine pour constater la disparition des radiations extrêmes comprises entre 0,185 μ et 0,20 μ.

Le photomètre à échelons que préconise M. de Recklinghausen ne peut nullement permettre de constater cette régression, puisque le citrate d'argent est réduit par des radiations de longueurs d'onde relativement grandes. Comme celles-ci n'ont pas d'action microbicide, les essais faits avec le photomètre à échelons ne peuvent non plus fournir de renseignement certain sur la valeur d'une lampe au point de vue de la stérilisation.

M. D. Berthelot insiste ensuite sur les difficultés que créent, pour la stérilisation par les rayons ultraviolets, les particules et les matières végétales en suspension dans l'eau, ainsi que les dépôts qui peuvent se former sur les fenêtres des chambres de quartz où brûlent les lampes. Il conclut dans les termes suivants :

« En somme, j'estime que si la question de la stérilisation de l'eau par les rayons ultraviolets n'est pas aussi avancée sur le terrain pratique que le désireraient ses promoteurs, les irrégularités constatées jusqu'ici ne sont pas suffisantes pour justifier la condamnation prématurée, portée par certains hygiénistes qui voudraient renvoyer ces rayons au laboratoire.

» Les difficultés sont réelles; il serait, je crois, peu sage de fermer les yeux à l'évidence; en pareil cas, la pire tactique est la tactique de l'autruche.

» Peut-être a-t-il été imprudent de vouloir brûler l'étape et de constituer des sociétés d'exploitation, à une période où les sociétés d'étude auraient été de mise. Mais, après tout, ce n'est là qu'un moment à passer, et le principal reproche qu'on adresse aux procédés de stérilisation par l'ultraviolet, de n'avoir pas fait suffisamment leurs preuves, peut s'appliquer à toutes les inventions nouvelles.

» Les obstacles actuels ne me paraissent que provisoires, je suis convaincu que l'habileté des ingénieurs et des constructeurs électriciens, qui a résolu des problèmes plus difficiles, réussira à en triompher, et que les nouveaux procédés ont un bel avenir devant eux. »

Tome XIX. N° 226. — 16 mai 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

En inaugurant, l'an dernier, la nouvelle section de Radiotélégraphie à l'École supérieure d'Électricité, M. P. Janet donnait lecture d'un document inédit : le rapport de Ch. d'Almeida sur la mission qui lui avait été confiée, en 1870, par le Gouvernement de la Défense nationale. Il vient d'être publié en annexe du dernier numéro du *Journal de Physique*, journal dont la fondation est due à d'Almeida.

Ce rapport intéresse les électriciens : d'Almeida avait été en effet chargé d'établir des communications entre la province et Paris assiégé, par tous les moyens possibles et en particulier par la télégraphie électrique en utilisant la Seine comme conducteur pour la transmission, le retour du courant s'effectuant comme d'ordinaire par la terre. Indiquons donc d'après le rapport de Ch. d'Almeida comment furent effectuées ces **tentatives de télégraphie électrique entre la province et Paris.**

Ce moyen de communication avait été expérimenté par Bourbouze, alors préparateur à la Faculté des Sciences, qui était parvenu à transmettre des dépêches entre l'Hôtel de Ville de Paris et l'usine Claparède à Saint-Denis, soit à une distance d'une vingtaine de kilomètres environ.

Dans son rapport, Ch. d'Almeida s'exprime ainsi sur ce moyen de communication, l'un des cinq qu'il était chargé de mettre en pratique : « 5° Le fil électrique qui réunit deux stations munies d'appareils télégraphiques peut, ainsi que l'a démontré M. Bourbouze, être remplacé par un cours d'eau — la Seine —, du moins si les stations sont très rapprochées et si les récepteurs sont remplacés par les plus délicats galvanomètres de nos cabinets de Physique ».

C'est à l'établissement de ce moyen de communication, ainsi qu'à l'établissement de la télégraphie optique qui exigeaient une grande habitude du maniement des appareils de physique que s'attacha particulièrement d'Almeida, laissant aux collaborateurs qui lui avaient été adjoints le soin de communiquer avec Paris, soit par pigeons voyageurs, soit par des flotteurs lancés en amont de Paris et que l'on devait recueillir à l'écluse de Port-à-l'Anglais. Partis de Paris en ballon dans la nuit du 17 décembre 1870, d'Almeida et ses collaborateurs atterrirent le lendemain au milieu des plaines désertes de la Champagne pouilleuse. Après de nombreuses péripéties, la mission atteignit Bordeaux le 23 décembre en passant par Nevers, Lyon et Cette. De Bordeaux, d'Almeida se rendit à Honfleur, où il arriva le 1er janvier, puis remontant la Seine, en traversant les lignes prussiennes, il était le 14 janvier à Poissy. Quelques jours après, il parvenait à Saint-Germain, sur la terrasse même, où il espérait être aperçu et reconnu par les amis qui, du haut du Mont-Valérien, devaient scruter l'horizon de leurs lunettes. Mais le ciel est brumeux, le Mont-Valérien reste invisible, et d'Almeida doit retourner à Poissy sans avoir pu tenter de nouer des communications avec Paris par télégraphie optique.

A Poissy, d'Almeida s'occupe d'installer le poste qui doit communiquer avec Paris par le système

Bourbouze. A défaut de plaques, des tuyaux de cuivre pris dans une usine voisine, appartenant à M. Coupier, sont suspendus dans la Seine, au-dessous d'un canot; à ces tuyaux est fixé un fil isolé qui aboutit à l'usine en passant dans un caniveau servant à conduire à la Seine les eaux résiduaires : la connexion est ainsi mise à l'abri des regards indiscrets; dans un hangar de l'usine sont installés les galvanomètres et une pile de 1200 éléments. Tout est prêt pour recevoir les signaux que l'on ne peut manquer de transmettre de Paris, de midi à 1 heure, chaque jour, comme il était convenu avant le départ. Mais 37 jours se sont écoulés depuis ce départ; les collaborateurs enfermés dans Paris ont cessé d'envoyer des signaux depuis le 10 janvier; l'appareil de réception reste immobile.

Après une nouvelle journée d'attente vaine, d'Almeida prend le parti d'aller au Havre pour faire connaître aux Parisiens, par pigeons, sa présence dans les environs de Paris. Huit nouveaux jours seront perdus, mais des communications seront assurées par le système Bourbouze entre Saint-Germain et Paris, par le système optique de Maurat entre Saint-Germain et le Mont-Valérien. D'Almeida part pour le Havre; il n'y était pas encore arrivé qu'il apprend la signature de l'armistice : « ses peines sont perdues, sa mission terminée ».

Ces tentatives d'établissement de communications électriques entre la province et Paris investi, faites dans des circonstances aussi dramatiques, méritaient d'être connues de la nouvelle génération des électriciens. Bien que, en 1885, Berthelot les aient déjà signalées dans un article publié dans la *Nouvelle Revue*, il était utile, au point de vue de l'histoire, d'en tenir la relation de celui qui en a été le héros. M. P. Janet a donc été bien inspiré en publiant le rapport de Ch. d'Almeida.

*
* *

Dans une précédente chronique nous avons appelé l'attention des lecteurs sur la remarquable étude de M. Mauduit sur la **Théorie de la commutation dans la dynamo**. Nous reproduisons, pages 445 à 456, la dernière des conférences faites par cet ingénieur à la Société internationale des Électriciens en vue de résumer l'ensemble des travaux qu'il poursuit sur ce sujet depuis une dizaine d'années. Dans un prochain numéro, nous publierons quelques résultats récemments obtenus et encore inédits.

Suivant M. Dumanois, le **moteur Diesel**, malgré ses brillantes performances, n'est pas encore capable de supplanter le moteur à vapeur sur les navires de guerre. La raison de cette incapacité, raison qui intéresse tout autant les directeurs des stations centrales électriques que les ingénieurs de la Marine, est que, dans les conditions normales de fonctionnement, la pression dans les cylindres peut atteindre le quadruple de celle qui a été prévue.

*
* *

Dans son article sur le **fonctionnement du moteur polyphasé à collecteur** (p. 460 à 473), M. E. Boulardet résume quelques-uns des travaux les plus récemment publiés sur ce sujet.

Il rappelle d'abord le mode de connexion du moteur triphasé série à collecteur : le stator est monté en étoile; l'induit, qui doit former un circuit fermé, est monté en triangle, circonstance dont il faut tenir compte dans le calcul du rapport de transformation.

Quant au couple, il est nul pour deux positions des balais : lorsque les ampères-tours du rotor et du stator s'annulent (le flux est alors nul) et lorsque ces ampères-tours s'ajoutent (le flux est alors maximum). Pour toute autre position des balais, il existe un couple moteur. L'article montre comment varie ce couple en fonction de la vitesse et en fonction du décalage des balais.

Un autre élément important à considérer est le facteur de puissance; sa variation en fonction de la vitesse et du décalage des balais est indiquée dans l'article.

Sous certaines conditions, on peut obtenir une compensation parfaite dans les moteurs à collecteur. La réalisation de ces conditions, désirable dans le cas général, amène cependant des inconvénients aux faibles vitesses : le couple augmentant alors avec la vitesse, le fonctionnement du moteur devient instable. L'article montre les conditions qu'il convient de remplir pour obtenir une marche stable à faible vitesse.

Plus loin, M. Boulardet indique la manière pratique de réaliser la modification du rapport de transformation du moteur, et par conséquent de modifier à volonté la stabilité et la compensation, à l'aide d'un transformateur triphasé intercalé entre le stator et le rotor et dont on peut faire varier le nombre de spires primaires et secondaires.

Un moteur triphasé à collecteur peut fonctionner comme génératrice; il fonctionne alors avec une fréquence propre qui est en général différente de celle du réseau; il peut même donner du courant continu, comme il est montré à la fin de l'article.

Le réglage de la vitesse des moteurs électriques actionnant des laminoirs a été récemment l'objet d'une étude de MM. Meyer et Sykes dont une analyse est donnée pages 473 à 476. A la page 476, sont donnés des résultats d'**essais de batteuses à commande électrique**. Nous ne pouvons que signaler ces articles ainsi que ceux qui sont publiés sur la traction, l'éclairage et les mesures. J. B.



UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : 7, rue de Madrid, Paris (8e). — Téléph. { 549.49. 549.62.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et de industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité; Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité; Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Dixième Bulletin bimensuel de 1913.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité de l'Union des Syndicats de l'Électricité du 9 avril 1913.

Présents : MM. Guillain, président; Eschwège et Marquisan, vice-présidents; Fontaine, secrétaire; Chaussenot et Vautier, secrétaires adjoints; Beauvois-Devaux, trésorier; Berthelot, Boutan, Godinet, F. Meyer, M. Meyer, Sée; M. Brachet, suppléant M. Brylinski; M. Paré, suppléant M. Coze.

Absents excusés : MM. Cordier et Legouez, vice-présidents; Brylinski, Cance, Sartiaux.

M. Guillain occupe le fauteuil de la présidence.

Il est rendu compte de la situation de caisse depuis la dernière séance.

Correspondance. — Le Syndicat professionnel des Industries électriques a fait connaître la composition de son Bureau pour l'année 1913. Le Comité de l'Union en prend acte.

Le Comité de l'Union prend connaissance des délibérations des Chambres de Commerce qui sont parvenues au Secrétariat depuis la dernière réunion du Comité au sujet des modifications projetées à la législation des poids et mesures et au contrôle des compteurs. La très grande majorité des réponses est favorable aux idées émises par M. le président Guillain, au nom du Comité de l'Union, dans ses lettres au Ministre du Commerce, en date des 29 et 30 octobre 1912.

Documents officiels. — Les documents officiels suivants sont communiqués au Comité : loi du 4 mars 1913 modifiant les articles 7, 57, et 140 du Livre II du Code du Travail et de la Prévoyance sociale (*Journal officiel* du 6 mars 1913); arrêté préfectoral du 29 mars 1913 modifiant l'article 82 de l'arrêté règlementaire du 8 juin 1909 sur les installations intérieures d'électricité (*Bulletin municipal officiel* de la Ville de Paris, 6 avril 1913).

Exposition de Lyon. — M. Boutan a appelé l'attention du Comité sur l'Exposition internationale urbaine qui doit avoir lieu en 1914 à Lyon, du 1er mai au 31 octobre. Cette exposition, la première en France de ce genre, aura sans doute une importance spéciale en ce qui concerne l'éclairage électrique, les applications de l'électricité à l'agriculture et à l'industrie, et les industries hydro-électriques.

Le Comité décide que le Secrétariat appellera sur cette Exposition l'attention des syndicats affiliés.

Poteaux pour canalisations aériennes. — La Commission chargée, par le Comité de l'Union, d'étudier la question soulevée par l'Administration des Travaux publics concernant la forme esthétique des poteaux et pylônes de canalisations aériennes, poursuit son enquête. M. le Président rend compte de l'état des travaux. Il est décidé que l'enquête s'étendra, si possible, aux pays étrangers. La Commission examinera les usages et règlements qui y régissent cette question.

Bibliographie. — L'Union a reçu un exemplaire du *Recueil des lois, règlements et cahiers des charges relatifs à l'Industrie électrique*, édition 1913, publié par MM. Geoffroy et Delore. Le Secrétariat en remerciera les auteurs au nom du Comité.

Banquet. — M. le Président est chargé d'inviter M. le Ministre des Travaux publics à présider le prochain banquet de l'Union. Il priera M. Thierry de fixer la date du banquet, sans dépasser, si possible, les premiers jours du mois de juin,

M. le Président recommande aux présidents des syndicats qui désireraient demander des récompenses honorifiques pour le personnel de leurs adhérents, de vouloir bien adresser tout de suite leurs propositions au Ministre, en raison des délais nécessaires pour l'instruction de ces demandes.

Fixation de la date des séances suivantes. — Le Comité de l'Union décide que les séances des mois de mai, juin et juillet auront lieu le premier mardi de chaque mois, à 11 h, 7, rue de Madrid. Une circulaire informera les membres du Comité de cette décision.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue d'Édimbourg, 9.
Téléphone : Wagram 07-59.

Dixième Bulletin bimensuel de 1913.



Cotisations.

Afin d'éviter des frais de recouvrement, MM. les Membres adhérents du Syndicat sont priés de bien vouloir adresser leur cotisation de 1913 au Secrétariat qui leur en délivrera quittance signée du Trésorier.

Banquet de l'Union des syndicats de l'Électricité.

MM. les Membres adhérents sont informés que le Banquet de l'Union des Syndicats de l'Électricité aura lieu le *lundi 2 juin* prochain.

Nous comptons que les adhésions seront très nombreuses et nous recommandons aux adhérents de bien vouloir répondre sans retard à la lettre qui leur est adressée individuellement.

Service de placement.

Nous rappelons à Messieurs les industriels, membres du Syndicat, que le service de placement est à leur disposition en vue de leur signaler des candidats, munis de références, pour les emplois qui seraient vacants dans leur Maison. Nous les prions, en conséquence, de bien vouloir nous signaler le personnel dont ils auraient besoin pour que nous les aidions à le trouver.

Bibliographie.

MM. les Membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les Annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° *Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans les immeubles et leurs dépendances;*

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;

7° Le Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 200 volts;

8° La brochure sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

9° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat professionnel des industries électriques (édition de 1907);

10° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Annuaire* de 1912, p. 104);

11° L'affiche « Conseils pour éviter la tuberculose »;

12° Affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

13° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et les principaux décrets, arrêtés, circulaires relatifs à l'application de cette loi (par brochures séparées);

14° *Arrêté technique du 21 mars* 1911, en application de la loi du 15 juin 1906;

15° Imprimés préparés pour *demandes de concession* de distribution d'énergie électrique (conformes aux Cahiers des charges types);

16° États de renseignements à fournir à l'appui d'une demande (annexe n° 3 à la circulaire ministérielle du 25 octobre 1908);

17° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris;

18° Renseignements relatifs à l'application de la loi du 5 avril 1910 sur les retraites ouvrières et paysannes;

19° Renseignements relatifs au fonctionnement de la Caisse syndicale de retraites des forges, de la construction mécanique, des industries électriques et de celles qui s'y rattachent.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.
Téléphone : 225-92.

DIXIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1913.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 1er mai 1913.

Membres actifs.

M.

BOUVIER (Adolphe), ingénieur des Arts et Manufactures, licencié ès sciences, directeur de la Compagnie du Gaz et Electricité d'Agen, Agen (Lot-et-Garonne), présenté par MM. Godinet et Baux.

Membres correspondants.

MM.

BERTHON (Ernest), contremaître électricien, Société des Engrais complets, 25, rue Diderot, Issy (Seine), présenté par MM. Fontaine et Frémont.

CHALOIN (Charles), électricien, 5 rue Audran, Lyon (Rhône), présenté par MM. Augeard et Fontaine.

DUMONT (Constant), mécanicien électricien, 30, rue Gramme, Paris, présenté par MM. Gilbert et Lancelot.

ROY (Claude), électricien, 51, rue du Pré-Saint-Gervais, Paris, présenté par MM. Marchandeau et Fontaine.

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations, comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Sociétés, Bilans. — Société des Forces électriques de la Goule, p. 487.

Chronique financière et commerciale. — Premières nouvelles sur les installations projetées, p. XLV. — Nouvelles sociétés, p. XXXIX. — Demandes d'emplois, p. XLI.



GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Théorie générale de la commutation dans la dynamo : critérium d'une bonne commutation à la ligne neutre théorique (1).

Messieurs, dans la séance dernière, du 4 décembre 1912, j'ai eu l'honneur de vous présenter un résumé de mes recherches expérimentales et théoriques (2) sur la commutation dans les dynamos à courant continu.

La question de la commutation étant, à la fois, une des plus délicates et des plus controversées de l'Électrotechnique, je voudrais vous indiquer ce soir comment je comprends, pour ma part, le phénomène de la commutation, au moins dans ses grandes lignes, et insister sur quelques conséquences importantes qui se déduisent des recherches expérimentales sur le rôle du champ de l'induit dont je vous ai entretenu, sommairement vu l'heure avancée, à la fin de ma dernière communication.

Avant tout, permettez-moi de rectifier ici quelques inexactitudes qui se sont glissées dans la bibliographie donnée dans mon Ouvrage.

L'invention des pôles auxiliaires est due à M. Mengès et non à Swinburne, et M. Picou, notre ancien président, a été le premier à construire des dynamos à pôles auxiliaires, et cela dès 1889.

D'autre part, antérieurement aux travaux de Fischer Hinnen, j'ai retrouvé, sur les indications de M. Béthenod, un article de Mascart (3) donnant le calcul de l'angle de décalage dans l'hypothèse d'une répartition sinusoïdale du flux; l'étude est déjà poussée très loin, mais le champ d'induit est considéré comme fixe dans l'espace.

Les expériences de commutation artificielle montrent nettement que le rôle des contacts est beaucoup moins important que celui qu'on lui donne dans la théorie dite d'*Arnold* : les tensions de contact permettent seulement un écart de quelques dixièmes de volt entre les valeurs théorique et effective de la f. e. m. de commutation.

La question principale repose donc sur l'étude des champs divers existant dans la section et surtout du flux résultant à travers cette section, pendant le temps du court circuit.

1° Conception usuelle du role des champs dans la commutation. — La plupart des auteurs, avec l'école d'Arnold, présentent le rôle des champs de la façon suivante :

La section en commutation est soumise à l'action du champ inducteur, du champ de l'induit et du champ de sa propre dispersion, tenant compte, s'il y a lieu, de l'action mutuelle des bobines commutées simultanément : dans le champ inducteur il faut naturellement comprendre les pôles auxiliaires et les enroulements de compensation, s'il y en a.

Le champ inducteur et le champ de l'induit produisent dans la section des f. e. m. e_c et e_q dépendant proportionnellement de l'induction correspondante et de la vitesse de déplacement des conducteurs; quant au champ de dispersion, il produit une f. e. m. $-l\frac{di}{dt}$, l étant le coefficient de dispersion de la section, y compris l'action des bobines commutées simultanément.

En particulier, pour la commutation à la ligne neutre théorique, sans pôles auxiliaires ni enroulements de compensation, la f. e. m. e_c due à l'inducteur est nulle et il reste seulement les deux f. e. m. défavorables e_q et $-l\frac{di}{dt}$.

(Cette façon de raisonner est complètement inexacte et comprend les deux erreurs fondamentales suivantes : 1° la f. e. m. e_q produite par la rotation de la section dans le champ de l'induit n'existe pas; 2° par contre, le coefficient de self-induction à faire intervenir n'est pas un coefficient de dispersion, mais le plein coefficient de self-induction de la section augmenté des coefficients d'induction mutuelle des bobines simultanément commutées abstraction faite toutefois des flux traversant l'enroulement inducteur qui sont étouffés par cet enroulement dans la plupart des cas.)

Pour obtenir une bonne commutation, on admet généralement qu'il faut produire dans la section une f. e. m. de commutation susceptible de combattre la f. e. m. de dispersion $-l\frac{di}{dt}$, soit en calant les balais en avant dans une zone où le champ résultant (provenant de la combinaison du champ de l'induit et du champ de l'inducteur) ait la valeur convenable, soit en employant des pôles auxiliaires.

2° Principe de la commutation a la zone neutre. — En 1901 et 1902, M. Marius Latour en France et ensuite M. Mengès, en pays de langue allemande, ont opposé à cette façon de raisonner *le principe de la commutation à la zone vraiment neutre.*

Considérons un tambour denté classique (*fig.* 1), contenant deux demi-sections par encoche, chaque section comprenant un conducteur extérieur a et un conducteur intérieur a', *diamétralement* opposés.

En même temps que la section aa' va entrer en court circuit sous un balai, une section bb' sera commutée symphasiquement sous le second balai et, si l'on suppose que les deux commutations sont semblables, tout

(1) Communication faite par M. A. Mauduit à la séance de janvier de la Société internationale des Électriciens.

(2) Voir *La Revue électrique* de février et mars 1913, p. 117-123, 158-164, 209-220 et 261-268.

(3) Mascart, *Sur la théorie de la machine Gramme* (*Journal de Physique*, 2e série, t. IV, août 1885, et *Lumière électrique*, t. XVII, p. 409).

va se passer comme si les deux sections n'en constituaient qu'une comprenant deux spires en parallèle avec un courant double.

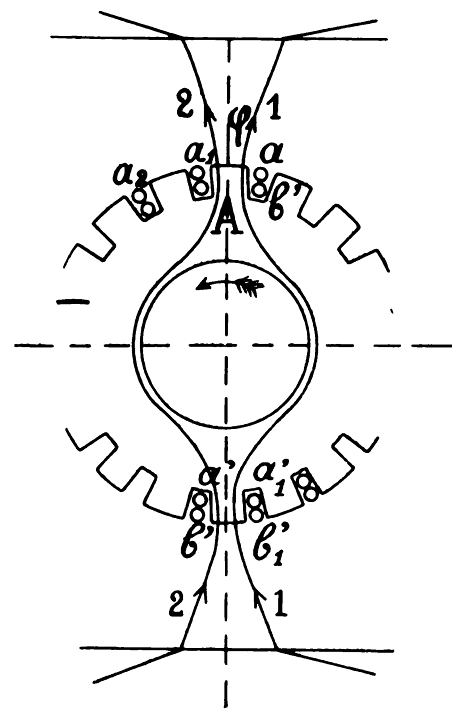


Fig. 1. — Flux coupé dans la commutation.

Avant la commutation, la section aa' est traversée par un flux *total* φ, après la commutation, elle sera traversée par un flux φ_1; la variation globale de flux dans la section, pendant la durée du court circuit, sera $\varphi - \varphi_1$. M. Latour explique que la commutation sera évidemment parfaite si cette variation globale est nulle, c'est-à-dire si la section se trouve traversée par le même flux dans la nouvelle et dans l'ancienne position ($\varphi = \varphi_1$) ou ce qui revient au même, si la section se trouve dans une zone où l'induction vers l'extérieur est nulle, c'est-à-dire dans une *zone neutre*.

Pour un balai couvrant exactement une lame et dont l'axe est situé à la ligne neutre théorique (position de la figure 1), la commutation commence en aa' et se termine en $a_1 a'_1$; à travers la section, le flux de l'inducteur est le même dans les deux cas, mais le flux dû à l'induit est φ (flux s'échappant de la dent A) en aa' et $-\varphi$ en $a_1 a'_1$, la variation totale est alors 2φ; la commutation ne sera pas parfaite; si l'on cale les balais en avant ou si l'on vient disposer en face de la dent A des pôles auxiliaires, de façon à opposer au flux φ un flux inducteur équivalent qui le neutralise, la variation totale sera zéro, la section se déplacera dans une zone neutre et la commutation sera parfaite.

La théorie de M. Latour est rigoureusement exacte : ce qui ne veut pas dire qu'on ne puisse raisonner autrement avec autant d'exactitude. On peut composer et décomposer à volonté les flux (en dehors de la saturation), et il revient au même de dire qu'un flux résultant doit être nul ou qu'un flux de commutation doit venir compenser un flux défavorable existant d'autre part; mais il faut faire attention à exécuter les décompositions correctement et à tenir compte de la vraie valeur des flux ainsi que de leurs variations dans le temps et dans l'espace; de très nombreuses erreurs sont faites à ce sujet par beaucoup d'auteurs.

M. Latour a présenté, notamment en 1902 et en 1910, devant cette assemblée, des considérations de tout point rigoureuses sur la commutation, avec lesquelles je suis complètement d'accord : mais comme il a employé des modes de raisonnement basés sur les coefficients d'induction propre et mutuelle, plutôt que sur les flux, et qu'il ne s'est guère écarté du cas de la commutation linéaire, je vous demande la permission de présenter à mon tour la façon dont je conçois le phénomène de la commutation; je reconnais bien volontiers que les conceptions de M. Latour, bien antérieures aux miennes, sont absolument exactes, et je me propose seulement de les expliquer dans un autre langage et de les compléter en certains points, afin d'aboutir à une formule simple, susceptible de servir de critérium de la commutation.

3° Commutation pour un induit mobile dans un espace non magnétique ou dans un système inducteur cylindrique. — Considérons un tambour denté du genre de celui de la figure 1, avec bobinage diamétral, et remarquons que, puisque les courants sont toujours les mêmes dans les deux conducteurs d'une encoche, on peut, pour simplifier, n'en figurer qu'un et ne s'occuper que de ce qui se passe sous un balai, les phénomènes de l'autre balai venant seulement doubler les actions mises en jeu.

Supposons d'abord que cet induit est monté sur paliers en dehors de toutes autres pièces magnétiques que sa propre carcasse, et est alimenté par du courant amené d'une source extérieure par des balais. Comme on voit beaucoup plus clairement les phénomènes en supposant l'induit fixe, commençons par faire tourner les balais. Partons du moment où les balais ne touchent qu'une lame : les courants dans les conducteurs d'une moitié de

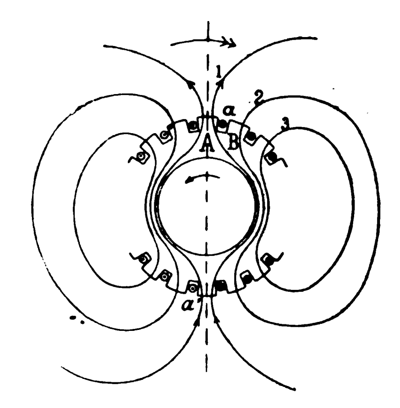


Fig. 2. — Champ d'un induit libre dans l'espace.

l'induit vont alors (*fig.* 2) à droite en entrant dans le plan de la figure, et à gauche en sortant de ce plan; l'axe de



l'induit (vertical ici) correspond aux deux dents où se fait l'inversion de courant.

Prenons d'abord des balais très étroits; tant que les balais, se déplaçant dans le sens de la double flèche, restent sur la même lame, le champ de l'induit, représenté par le spectre de la figure 2, ne bouge pas; au moment où le balai étroit met en court circuit deux lames, le courant s'inverse rapidement, suivant une loi quelconque dans la section aa' et à ce moment le champ se déforme et se déplace dans le sens de la flèche double, pour reprendre le même aspect que précédemment, mais avec décalage d'une dent, le nouvel axe passant par la dent B, lorsque le courant aura, dans aa', pris la valeur et le sens des conducteurs restés en arrière dans le sens du mouvement.

La vitesse de déplacement du champ dépend de la loi de variation du courant dans la section aa' commutée et non de la vitesse de rotation du balai.

Si le balai est plus large, le déplacement du champ dure plus longtemps; en particulier, si la commutation se fait linéairement, sous un balai couvrant exactement une lame, le champ se déplace d'une vitesse uniforme, comme le balai. Dans tous les cas, la loi de déplacement est périodique et la période correspond au temps de parcours d'une lame par un point du balai.

La f. e. m. développée dans la section pendant le court circuit dépend de la vitesse de déplacement du champ et par suite de la variation $\frac{di}{dt}$ du courant dans la section; elle peut être mise sous la forme $-\mathcal{L}\frac{di}{dt}$, $\mathcal{L}$ étant une constante. Cette constante est d'ailleurs le plein coefficient d'induction de la section; en effet, le champ total de l'induit peut être considéré comme la superposition du champ dû aux autres sections et du champ de la section considérée.

La figure 3 indique en traits pleins le spectre du champ

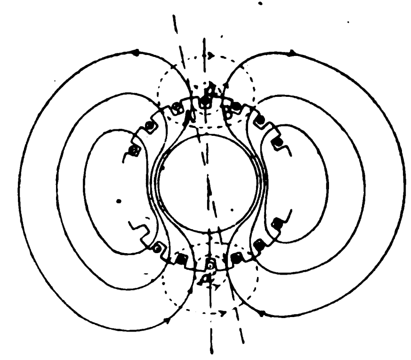


Fig. 3. — Champ d'induit dans une section sans courant.

des autres sections et en pointillé deux lignes de forces du champ propre de la section aa', champ qui s'étend à toutes les dents jusqu'au diamètre perpendiculaire à aa' symétriquement par rapport à ce diamètre.

Pendant le court circuit de la section aa', le courant ne varie que dans cette section et par suite seul le champ propre varie et provoque le déplacement signalé plus haut du champ global et la production dans la section de la f. e. m. $-\mathcal{L}\frac{di}{dt}$, $\mathcal{L}$ étant bien le plein coefficient de self-induction de la section.

Supposons maintenant les balais fixes et l'induit tournant dans le sens de la flèche simple, inverse du précédent. Les phénomènes relatifs ne changent pas, en particulier en ce qui concerne la variation du champ dans la section et la f. e. m. induite. Tant que les balais restent sur la même lame, le champ de l'induit tourne avec lui et est par conséquent fixe par rapport à la section; pendant le court circuit, le champ de l'induit tend à avancer du fait du mouvement et à rétrograder du fait de la variation de courant dans la section; suivant les cas, l'une ou l'autre des deux actions l'emporte; mais finalement, après une période (déplacement d'une lame), le champ, s'il s'est déplacé, revient au point de départ. Dans la commutation linéaire, avec balai de la largeur d'une lame, les deux déplacements du champ sont égaux et inverses et *le champ reste fixe dans l'espace;* mais en dehors de ce cas singulier et remarquable le champ subit *toujours* des oscillations.

On comprend ainsi que (en l'absence d'inducteur) le rôle du champ de l'induit se borne dans la commutation à une f. e. m. $-\mathcal{L}\frac{di}{dt}$, $\mathcal{L}$ étant le plein coefficient de self-induction de la section (la section logée dans la même encoche doublant cette valeur, comme il a été expliqué plus haut, une fois pour toutes). Par contre, il n'y a pas de f. e. m. e_q due à la rotation de la section dans le champ des autres sections, vu qu'il n'y a jamais déplacement relatif de ces deux éléments qui tournent ensemble.

Il n'est pas indifférent de remplacer ce raisonnement par celui de l'école d'Arnold qui considère la f. e. m. e_q proportionnelle à la vitesse et un coefficient de fuite que nous appellerons l, pour le distinguer du plein coefficient $\mathcal{L}$: l est calculé généralement d'une façon arbitraire en prenant les fuites de dent à dent, et en s'en tenant là; on y fait aussi intervenir les sections voisines, commutées en même temps, d'une façon aussi arbitraire, l est en général pris trop petit, mais par contre, on ajoute une f. e. m. e_q qui n'existe pas. Dans les mauvaises commutations, où i varie rapidement à la fin, la f. e. m. ainsi calculée est trop faible, la présence de e_q ne compensant pas l'erreur par défaut sur le terme $l\frac{di}{dt}$ qui a l'importance principale dans ce cas.

Faisons remarquer encore que le champ de fuites correspondant à l n'existe pas réellement; les lignes de force, qui tendent à passer de la dent A à la dent B (*fig.* 3), sont, aussitôt en B, chassées vers l'extérieur et rentrent dans le champ général d'induit : on définit, dans cette école, champ de fuites une portion arbitraire du champ propre de la section, portion fictive comme ce champ lui-même.

4° Commutation dans un induit alimenté extérieurement et mobile dans un système inducteur a poles séparés. — Passons maintenant au cas de l'induit tournant dans un inducteur à pôles séparés, cas de la dynamo normale, alors que l'étude précédente reste naturellement valable si l'induit est placé dans un stator

continu, comme celui des moteurs d'induction et de quelques moteurs à collecteurs.

Continuons à alimenter l'induit par un courant extérieur.

Là encore, il sera souvent plus commode de laisser l'induit fixe et de faire tourner en sens inverse le système inducteur et les balais, rigidement liés ensemble.

Prenons le cas de la dynamo simple, sans pôles auxiliaires ni enroulement de compensation, et supposons en premier lieu les balais calés à la ligne neutre théorique.

La présence du fer de l'inducteur modifie légèrement la forme du champ de l'induit, à l'état statique, et donne le spectre bien connu de la réaction d'induit, comprenant (*fig.* 4) pour une dynamo du type cuirassé et des

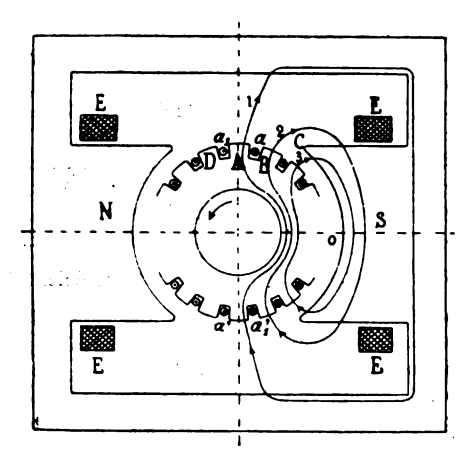


Fig. 4. — Champ de l'induit dans la dynamo.

balais à la ligne neutre théorique, des lignes de force telles que 1 passant par la culasse, 2 par la face latérale du noyau polaire et 3 par l'entrefer. L'induction due à ce champ, nulle dans l'axe du pôle O, augmente linéairement jusqu'à la corne polaire où elle est maximum en C, puis rediminue dans la zone comprise entre les deux cornes polaires. Tout ce champ est purement transversal, et ne traverse pas les électros EE; mais si l'induit vient à se déplacer, le champ cesse d'être purement transversal et un certain flux passe à travers les électros EE, flux que nous appellerons *longitudinal* pour le distinguer du précédent. Le flux longitudinal, traversant les électros, a ses variations rapides fortement amorties et même pratiquement étouffées par le fait que, dans la dynamo shunt ou dans la dynamo à excitation indépendante, les électros sont fermés sur une impédance négligeable par rapport à la leur (comme l'a fait remarquer M. Latour dès 1902).

Nous allons donc examiner d'abord le rôle des champs transversaux, ensuite seulement celui des champs longitudinaux.

Faisons tourner l'inducteur et le balai supposé étroit : tant que le balai reste sur la même lame les ampères-tours de l'induit ne se modifient pas, mais la position des pièces polaires et de la culasse étant différente, le champ transversal se déforme un peu : toutefois, tant que le déplacement est peu important, la réluctance du circuit correspondant aux lignes de force 1 de la dent A varie très peu, et il en résulte que le flux de cette dent reste sensiblement constant, et qu'il n'y a pas de f. e. m. e_q appréciable produite dans la section, de même que dans le cas de l'induit placé dans un espace entièrement libre.

Naturellement cette conclusion ne serait plus exacte, si la section s'approchait des cornes polaires, car alors la réluctance varierait notablement et avec elle le flux dans la dent.

La variation du flux dans la dent et le déplacement du champ total transversal se produisent quand le courant varie dans la section, et il en résulte comme précédemment la production d'une f. e. m. $-\mathcal{L}'\frac{di}{dt}$.

Étudions maintenant le champ longitudinal dû à l'induit en partant du moment où le champ est nul, c'est-à-dire où le champ total est perpendiculaire à l'axe de l'inducteur.

Quand le balai, supposé étroit, se déplace sans commutation, avec l'inducteur, l'angle de l'axe magnétique de l'induit avec l'axe de l'inducteur cesse d'être droit et un flux est produit par l'induit à travers le système inducteur (on dit usuellement qu'il y a naissance d'ampères-tours directs ou antagonistes, suivant le cas).

Si l'enroulement inducteur est ouvert, ce flux s'établit librement, traverse la section dans le même sens que le flux transversal et augmente proportionnellement au déplacement relatif du système inducteur et de l'induit; il produit alors dans la section une f. e. m. constante de sens inverse au courant initial et par suite favorable à la commutation; mais quand l'inversion se produit, le déplacement relatif de l'inducteur et du champ induit se faisant en sens inverse, la f. e. m. s'inverse elle aussi et s'ajoute à la f. e. m. $-\mathcal{L}'\frac{di}{dt}$ pour contrecarrer la commutation.

Cette f. e. m. a une action analogue à celle de la résistance ohmique; toutefois sa valeur dépend de la différence entre la vitesse de rotation et la vitesse de variation du courant i; son action moyenne est nulle.

Quand l'enroulement inducteur est fermé sur une impédance faible par rapport à la sienne, le flux longitudinal produit dans cet enroulement un courant donnant naissance à un flux sensiblement égal et opposé au premier, qui se trouve ainsi pratiquement étouffé, et avec lui est supprimée la f. e. m. ci-dessus qui n'existe donc pas ou n'a qu'une faible importance dans les dynamos shunt [1].

---

[1] M. Latour a signalé, lui aussi, cette f. e. m. sous forme d'une variation de coefficient d'induction mutuelle entre la section commutée et le reste de l'induit (*Bulletin des Électriciens*, juin 1910, p. 394); M. Swyngedauw en tient compte également, mais il faut remarquer qu'en pratique, au moins dans les dynamos à excitation shunt ou indépendante, elle est complètement étouffée par l'enroulement des électros fermé sur une impédance, négligeable par rapport à la sienne, ce que M. Latour avait dit en 1902.



Il reste alors dans la section une f. e. m. unique $-\mathcal{L}\frac{di}{dt}$ due à la portion du flux de l'induit extérieure aux électros (1).

Dans ce cas, on peut encore considérer le champ total de l'induit comme résultant de la superposition du champ transversal des sections commutées et du champ des sections non commutées, et comme le champ des sections non commutées ne varie pas, la variation se réduit à celle du champ des sections commutées, d'où la f. e. m. $-\mathcal{L}'\frac{di}{dt}$.

Les deux modes de raisonnements restent donc équivalents, à condition de prendre pour $\mathcal{L}'$ le coefficient d'induction de la section (avec amortissement de l'inducteur), et non un coefficient de fuites limité aux dents voisines.

Le fait que le coefficient $\mathcal{L}'$ comporte toutes les lignes de force du champ global de la section (tel que ce champ est représenté à la partie inférieure de la figure 5), et non les lignes de force des seules dents voisines, montre que l'état de saturation des dents et de la culasse de l'induit, sous l'action du champ inducteur, joue un rôle important dans la commutation en faisant varier la valeur de ce coefficient $\mathcal{L}'$ qui diminue notablement quand la saturation augmente.

Il y a là, en particulier, l'explication principale du résultat constaté expérimentalement que la commutation est beaucoup moins bonne, même pour des balais calés à la ligne neutre théorique, quand la dynamo est en court circuit, que quand elle fonctionne normalement et aussi de ce fait que la commutation devient vite mauvaise dans les moteurs qu'on désaimante pour augmenter notablement leur vitesse.

Cette considération s'ajoute d'ailleurs à l'action directe du champ inducteur à la ligne neutre dont il sera parlé plus loin.

5° Démonstration expérimentale du role joué par le système inducteur dans la commutation. — Ces conclusions ayant une grosse importance, il est de toute nécessité de les vérifier par expérience : c'est ce que j'ai fait dans un essai sur dynamo Rechniewski, entièrement feuilletée, dont je vous ai entretenu à la fin de la dernière séance.

Je me permets de vous donner à nouveau les clichés obtenus, pour servir d'exemple et d'illustration aux considérations précédentes.

La figure 31 de *La Revue électrique*, p. 261 et 262 (*fig.* 132 de la Thèse) étant le champ statique de l'induit relevé, au balistique, avec balais à la ligne neutre théorique, la figure 30, le schéma du bobinage de l'induit (*fig.* 131 de l'Ouvrage), on a enregistré à l'oscillographe la tension aux extrémités d'une section, l'induit étant alimenté par un courant extérieur et tournant à une vitesse normale : 1° avec enroulement inducteur fermé en court circuit, cliché 43′ de la figure 34; 2° avec inducteur ouvert, cliché 47′ de la figure 33.

On voit bien sur le cliché 43′ qu'il n'y a pas de f. e. m. notable dans la section en court circuit (1), sauf au moment de la coupure brusque finale (α et α') : la seule f. e. m. restante et $-\mathcal{L}'\frac{di}{dt}$.

Le cliché 44′ de la figure 35 *b*, montre le courant dans l'inducteur et illustre l'étouffement du flux longitudinal, dont il reproduit l'allure décrite précédemment.

Par contre, le cliché 47′, avec inducteur ouvert, est d'aspect tout différent : au moment de la commutation, la courbe passe en dessous de l'axe des temps sous l'action de la f. e. m. due au flux longitudinal non étouffé ici; on observe de plus une oscillation très marquée après la pointe de coupure. Nous nous sommes longtemps demandé d'où pouvait provenir cette oscillation, et nous avons finalement pensé (d'accord avec notre collègue M. Gutton, professeur de Physique à l'Université de Nancy), que l'étincelle de coupure était peut-être *oscillante*. Nous nous proposons de faire des essais avec notre système de commutation artificielle pour vérifier ce point.

Lorsque l'inducteur est fermé, l'étouffement énergique qui en résulte supprime toute oscillation. Remarquons en passant, sans y insister, que des oscillations de ce genre, impossibles dans une dynamo shunt, pourraient exister dans des dynamos série feuilletées, et peut-être dans certains moteurs monophasés à collecteurs.

Indépendamment du circuit inducteur, les pièces polaires, noyaux et culasses massifs exercent déjà un amortissement dans le même sens.

6° Commutation dans la dynamo génératrice. — Nous pouvons maintenant étudier la commutation dans la dynamo même. Supposons d'abord qu'il s'agit d'une génératrice, et plaçons-nous dans l'hypothèse où les balais ne sont pas plus larges qu'une lame.

a. Dynamo avec balais calés à la ligne neutre théorique. — Les balais étant à la ligne neutre, le champ de l'inducteur varie peu dans la section pendant son court circuit. Toutefois, si nous supposons d'abord que le flux total

(1) Si l'on désigne par $\mathcal{L}$ le plein coefficient de self de la bobine commutée (s'il y a deux bobines commutées symphasiquement dans la même paire d'encoches, on en tiendra compte aisément en supposant ces deux bobines réunies en une seule de courant double), par $\mathcal{L}_0$ celui de l'inducteur et $\mathfrak{M}$ leur coefficient d'induction mutuelle, dont la variation est négligeable pendant la commutation, on a pour $\mathcal{L}'$ la valeur

$$\mathcal{L}' = \mathcal{L} - \frac{\mathfrak{M}^2}{\mathcal{L}} = \sigma\mathcal{L},$$

σ étant le coefficient de dispersion, d'après Blondel, entre les deux circuits.

(1) En réalité, dans notre essai, le balai couvrait sensiblement une lame, mais la résistance de la section étant très petite à côté du terme $\frac{\mathcal{L}}{T}$, la commutation se faisait avec une diminution très lente du courant d'abord, terminée par une inversion brusque, ce qui modifiait seulement un peu la grandeur de variation des flux, sans en changer la loi fondamentale.

débité par l'inducteur soit constant dans le temps, la denture étant convenable, le flux de l'inducteur dans la section est le plus grand quand elle est dans la position 2, 2′ de la figure 5; il augmente (pour une génératrice) pendant le déplacement de la position aa' de la

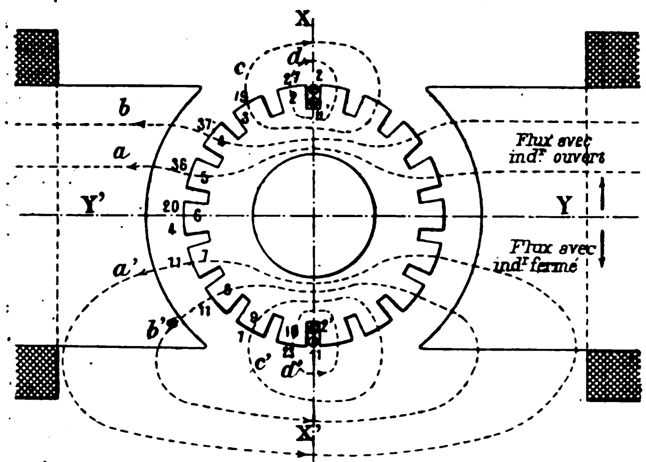


Fig. 5. — Champ global d'une section à la ligne neutre.

figure 4 à la position 2, 2′ de la figure 5 et diminue pendant le déplacement de 2, 2′ (*fig.* 5) à $a_1 a'_1$ (*fig.* 4).

Comme ce flux est, dans la section, en sens inverse du flux transversal, il engendre une f. e. m. défavorable pendant la première moitié de la commutation et favorable pendant la seconde.

Bien que la valeur moyenne de cette action soit sensiblement nulle, ce flux joue cependant un rôle appréciable; car il agit en sens inverse de la résistance ohmique et la combinaison des deux actions peut avoir une conséquence favorable.

Dans le cas de grosses dentures et de petits entrefers, le flux débité par l'inducteur peut subir une variation périodique (harmoniques de denture dans les alternateurs), dont la loi complexe dépendra du rapport entre le développement polaire et le pas de la denture, du rapport entre le nombre de dents compris sous les pôles et le nombre total et de la self-induction du circuit inducteur. Cette action sera petite dans les dynamos à denture normale et se fera d'ailleurs sentir beaucoup plus sur la tension totale que sur la section commutée. Nous la négligerons dans notre étude.

A part le petit rôle joué par le champ inducteur et la résistance de la section, la commutation dépendra surtout du coefficient $\mathcal{L}'$ défini plus haut et de l'action des contacts. On pourrait l'étudier [1] par l'équation différentielle citée à la fin de ma première Communication, en y faisant $e = 0$.

L'expérience ayant montré que le rôle des contacts est relativement peu important, il nous paraît préférable de laisser de côté ces calculs laborieux et de rechercher un critérium basé sur des considérations théoriques, mais dont la valeur soit donnée ensuite par des recherches expérimentales.

On pourra prendre pour critérium la f. é. m. moyenne mise en jeu dans la commutation linéaire, c'est-à-dire $\frac{2\mathcal{L}'J}{T}$, $\mathcal{L}'$ étant défini par les considérations précédentes et correspondant au flux qui s'échappe de la dent médiane dans la position de réaction purement transversale.

C'est une expression de même nature que la tension de réactance de Hobart et Pichelmayer, mais elle est définie d'une façon différente, car elle dépend non seulement de la section commutée, mais des autres ampères-tours de l'induit; nous la calculerons plus loin.

b. Généralisation pour le cas d'un balai couvrant plus d'une lame. — Nous supposons toujours que l'axe du balai corresponde à la ligne neutre. Si le balai couvre un nombre entier de lames β', la commutation d'une section commence quand cette section arrive à $\frac{\beta'}{2}$ pas de denture de la ligne neutre, et finit dans la position symétrique; pour $\beta' = 2$, par exemple (*fig.* 6), elle commence dans l'encoche 1 et se termine dans l'encoche 3. Quelle que soit la valeur du courant dans les sections intermédiaires (encoche 2), la section 1

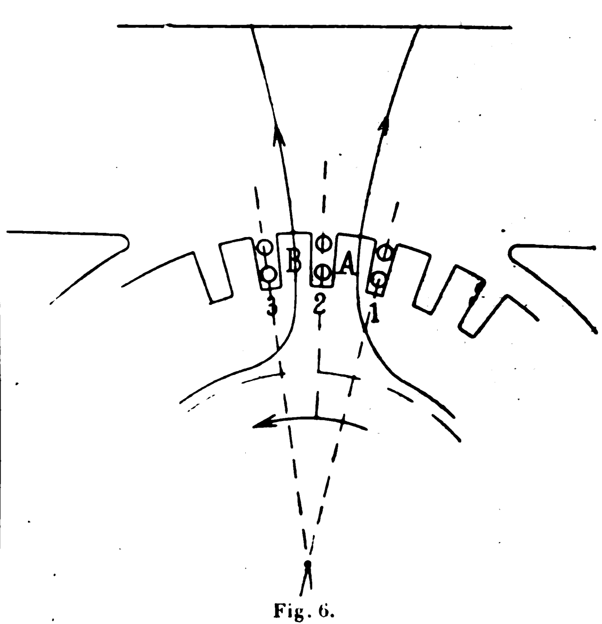


Fig. 6.

est traversée à l'origine, dans un sens, par le flux s'échappant des dents intermédiaires, en haut de la figure par les flux des dents en arrière de la ligne neutre, ici dent A, et en bas de la figure par le flux des dents en avant ou, mieux, de leurs symétriques par rapport à l'axe du pôle, qui sont les mêmes. La valeur du courant dans les sections intermédiaires, commutées simultanément, règle la répartition du flux dans les dents adjacentes, mais ne modifie

(1) Voir *Encyclopédie des Sciences mathématiques pures et appliquées*, édition française, par J. Molk, professeur à l'Université de Nancy, t. II, vol. III, fasc. 1, nᵒˢ 26 et 29, p. 39 et 46.



pas appréciablement la somme totale au commencement de la commutation.

A la fin de la commutation, le flux dans la section est le même, changé de sens, et par suite la variation totale de flux est le double de la valeur du début.

Les flux longitudinaux étant en général étouffés par le circuit inducteur fermé, à part les actions faibles quoique non nulles, de la résistance ohmique et du champ de l'inducteur (ce dernier développe une f. e. m. en sens inverse de la résistance, comme il a été expliqué précédemment), il reste comme *f. e. m. moyenne* produite dans la section une expression de la forme $-\frac{2\mathfrak{L}'J}{T}$, $\mathfrak{L}'$ correspondant au flux qui s'échappe des dents comprises entre la position origine et la position finale de la commutation, et au nombre de spires de la section considérée.

Il est évidemment très compliqué d'exprimer ici la valeur instantanée de la f. e. m. produite dans la section, car cette f. e. m. dépend de la vitesse de déplacement relatif du champ, et par suite de la loi de variation du courant dans toutes les sections commutées simultanément; en particulier, dans le cas des mauvaises commutations, le déplacement est saccadé, à des intervalles de temps correspondant aux échappements successifs de lames.

Mais si l'on cherche à se rendre compte de la f. e. m. moyenne, comme critérium de la commutation, on remarque immédiatement que cette *f. e. m. est indépendante sensiblement du nombre de lames couvertes par le balai*, tant qu'on reste dans la zone centrale interpolaire où le champ d'induit est sensiblement constant : *$\mathfrak{L}'$ et T augmentent proportionnellement à ce nombre.*

Ce résultat, contraire à celui qu'admettent beaucoup d'auteurs, explique le fait expérimental souvent constaté qu'on n'améliore pas sensiblement la commutation en allongeant les balais [1], en particulier à partir de $\beta' > 2$. (En pratique, il est bon que β' ne soit pas entier, pour que les commencements et fins de commutation, où les variations de courant sont le plus notables, ne se superposent pas, que β' soit, dans les enroulements parallèles ordinaires, compris entre 2 et 3.)

Donnons, pour fixer les idées, le nom de *tension caractéristique* à cette f. e m. moyenne, et cherchons à la calculer pour une dynamo.

c. Calcul de la tension caractéristique de la commutation ε_γ. — Soit d'abord un enroulement parallèle diamétral à deux demi-sections par encoche.

Appelons N_3 le nombre de spires par section, N_1 le nombre de sections et de lames au collecteur. Soient β' le nombre entier de lames couvertes par le balai, k le nombre d'ampères-fils par centimètre, D le diamètre de l'induit en centimètres, l la longueur axiale de l'induit, $2p$ le nombre de pôles, n la vitesse angulaire en tours par minute, φ le flux qui s'échappe des dents de la zone de commutation (comme il est expliqué ci-dessus), T la durée de commutation et ε_γ la tension caractéristique cherchée.

[1] Le rôle du champ inducteur augmente d'importance quand β' croît, son action finale favorable pouvant se faire plus sentir que son action initiale défavorable.

Nous avons (en volts)

$$\varepsilon_\gamma = \frac{2\varphi}{T} N_3 \cdot 10^{-8}. \tag{1}$$

Pour calculer le flux φ, nous allons faire une approximation et introduire une constante ξ, représentant le flux qui s'échappe de 1 cm² de surface périphérique de dent, pour 1 ampère-tour agissant sur le tube de force total passant en ce point. Cette constante ξ, à calculer ou déterminer dans chaque type de dynamo, dépend de la distance interpolaire, de la forme et de la situation des pôles et de la culasse.

Nous admettrons que ξ est constant dans toute la zone de commutation et que le flux ne passe que par le plein des dents.

Soit β'' le rapport du plein de la dent au pas de la denture; le nombre d'ampères-tours agissant est

$$\frac{k\pi D}{2p},$$

et par suite le flux φ est donné par la relation

$$\varphi = \frac{k\pi D}{2p}\xi\beta'\beta''\frac{\pi D}{N_1}l; \tag{2}$$

comme, d'autre part, on a

$$T = \frac{60\beta'}{nN_1},$$

en portant dans (1), il vient

$$\varepsilon_\gamma = 2\frac{k\pi D}{2p}\xi\beta''\beta'\frac{\pi D}{N_1}lN_3\frac{nN_1}{60\beta_1}\times 10^{-8},$$

expression dans laquelle N_1 et β' disparaissent. En séparant les facteurs constants, on a

$$\varepsilon_\gamma = \frac{\pi^2}{60\times 10^8}\frac{\beta''\xi kD^2lN_3n}{p}. \tag{3}$$

Il peut être commode d'utiliser l'expression sous la forme

$$\varepsilon_\gamma = 1{,}645\frac{\beta''\xi kD^2lN_3n}{p}, \tag{3 bis}$$

avec l et D en mètres et n en milliers de tours par minute.

En réalité ξ dépend des dimensions et de la disposition de la machine; pour une forme donnée, on se rend aisément compte que ξ diminue en rapport inverse des dimensions linéaires et peut être considéré comme inversement proportionnel au pas polaire $\frac{\pi D}{2p}$; à cause des fuites par les surfaces frontales, dont nous ne tenons pas compte dans les études ci-dessus, il tend à augmenter légèrement quand l diminue.

Mais la variation principale tient au pas et à l'écartement de la culasse. Pour nous rendre compte de la signification de la formule (3), appelons ζ la valeur de ξ correspondant [1] à un pas de 50 cm, soit $\frac{\pi D}{p} = 100$;

[1] Ainsi défini, ζ est le flux, pour 1 ampère-fil, s'échappant d'une surface périphérique dont les dimensions sont, parallèlement à l'arbre, 1 cm et, suivant la périphérie, le cinquantième du pas ou le centième du double pas.

nous aurons pour un pas quelconque

$$\xi = \zeta \frac{100\,p}{\pi D},$$

et la formule (3) devient

$$(4) \qquad \varepsilon_\gamma = \frac{\pi}{60 \times 10^6} \beta'' \zeta k D l N_3 n,$$

ou, en remplaçant $\frac{\pi D n}{60}$ par v, vitesse périphérique en centimètres par seconde,

$$(4\,bis) \qquad \varepsilon_\gamma = \frac{\beta'' \zeta k l N_3 v}{10^6}.$$

Cette formule montre que les difficultés de la commutation dépendent proportionnellement de quatre éléments : le nombre d'ampères-fils par centimètre, la longueur d'induit, le nombre de spires par section et la vitesse périphérique.

Elle indique nettement la nécessité de limiter k, aussi bien que N_3, ce qui ne se déduit pas aussi nettement de formules usuelles, malgré leur complexité : les difficultés de la commutation dépendent du produit kN_3 et non de N_3^2 comme on le croit souvent.

Remarques. — 1° Dans les bobinages à plusieurs paires de demi-sections par encoche, la formule reste valable, *en valeur moyenne*, car les conditions de commutation diffèrent un peu avec l'ordre des sections dans l'encoche : pour un même rapport β'' du plein au pas, l'expression du flux φ reste la même, car, s'il y a moins de dents, elles sont d'une épaisseur plus grande; le nombre de paires de demi-sections par encoche disparaît dans la formule.

2° Ce critérium de la commutation à la ligne neutre théorique montre la puérilité des calculs complexes auxquels on se livre sur la tension de réactance, les fuites et actions mutuelles des éléments de section. Nous allons montrer que, même l'emploi du bobinage Swinburne, à corde raccourcie, sur lequel on insiste souvent comme étant éminemment favorable, ne modifie pas notablement la valeur de la tension caractéristique que nous avons choisie comme critérium.

d. Commutation avec enroulement à pas raccourci. — Les conditions de fonctionnement de l'enroulement à corde courte ou à pas raccourci appelé aussi *enroulement Swinburne*) ont donné lieu à des discussions sans nombre et sont encore très controversées [1].

Le mode de raisonnement que nous avons adopté pour l'étude de la commutation va nous montrer nettement que les propriétés de la commutation à la ligne neutre théorique ne diffèrent pas sensiblement de celles de l'enroulement diamétral, et que toutes les théories qu'on s'est plu à faire sur l'intérêt qu'il y avait à ne pas mettre dans la même encoche des conducteurs simultanément commutés n'ont aucune signification pratique.

La figure 7 représente un enroulement bipolaire à cordes courtes, dont les constantes sont : N_1 = nombre de bobines, 36; pas d'enroulement, $y_1 = 29$; $y_2 = 27$, alors que le pas diamétral correspondrait à $y_1 = 37$. Il y a deux demi-sections par encoche, et chaque conducteur est numéroté, impair en haut et pair au fond de l'encoche.

La position de commutation à la ligne neutre théorique correspond au moment où la f. e. m. due à l'inducteur est nulle dans la section, c'est-à-dire où le plan de la section est perpendiculaire à l'axe de l'inducteur.

Sur la figure 7, on a représenté l'induit avec balais de

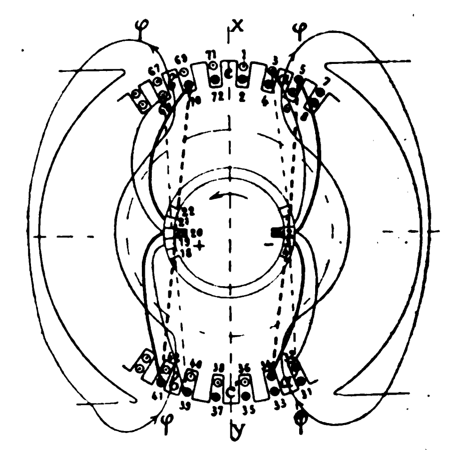


Fig. 7. — Induit avec le bobinage à cordes.

la largeur d'une lame, au moment où la commutation va commencer dans les deux sections en gros traits (5, 34 et 41, 70) et vient de se terminer dans les deux sections en traits fins (3, 32 et 39, 68).

Nous avons marqué par des points et des croix le sens des courants dans les différents conducteurs : on aperçoit ainsi immédiatement la propriété fondamentale de cet enroulement, consistant en ce que, dans la zone comprise entre les extrémités des deux sections en commutation, zone égale au supplément de la corde qui s'étend de la dent a à la dent b' et de la dent a' à la dent b, les ampères-fils résultants dans chaque encoche sont nuls, les deux conducteurs d'une encoche étant parcourus par des courants de sens inverse.

Par suite la f. m. m. due à l'induit est constante dans toute cette zone, ce qui présente un intérêt particulier dans le cas d'emploi d'un enroulement compensateur, comme l'a signalé F. Punga [1], puisque la f. m. m. de cet enroulement compensateur est forcément constante dans l'intervalle interpolaire où l'on ne peut placer de conducteurs : un choix convenable de la corde permettra de réaliser une compensation rigoureuse en tout point.

Mais, pour ce qui concerne la commutation à la ligne neutre théorique sans artifices, il n'en est plus de même.

Avant la commutation des sections 5, 34 et 41, 70, les courants correspondent respectivement à une croix pour 5 et 70, et à un point pour 34 et 41; le champ d'induit

(1) Voir A. MAUDUIT, *Recherches expérimentales et théoriques sur la commutation dans les dynamos à courant continu*, p. 75. Dunod et Pinat, à Paris.

(1) F. PUNGA, *L'emploi du pas d'enroulement raccourci* (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, 13 juin 1909, et *Lumière électrique*, 2e série, t. VII, 31 juillet 1909, p. 148).



est purement transversal et symétrique par rapport à l'axe des pôles. La section 5, 34, qui va entrer en commutation, est traversée par le flux φ qui s'échappe de la dent *a* pour revenir à la dent symétrique *a'*. Quand l'induit aura tourné d'une dent, la section 5, 34 sera venue occuper la place de la section 3, 32; la commutation étant terminée, le flux d'induit aura repris exactement la même position qu'au début, et la section sera traversée par le même flux φ en sens inverse; la variation de flux dans la section est donc 2 φ; il en est de même de la section commutée symétriquement.

Par suite, la variation de flux dans la section est aussi bien 2 φ *que dans l'enroulement diamétral* (commutation simultanée d'une section 1, 38 et 37, 2 par exemple); *la seule différence est que le flux coupé est celui d'une dent différemment placée. Cette différence sera toujours défavorable, le spectre de la réaction d'induit montrant que le flux des dents va en augmentant de la ligne neutre à la corne polaire :* la commutation est donc au moins aussi bonne avec l'enroulement diamétral, et les raisonnements usuels sur les inductions mutuelles entre barres dans les mêmes encoches ou dans des encoches différentes sont purement fantaisistes.

La théorie se généralise aisément au cas de plusieurs lames couvertes par les balais, par les mêmes observations que précédemment.

Conclusion relative à un critérium de la commutation à la ligne neutre théorique. — La f. e. m. moyenne ou tension caractéristique ε_γ définie par l'une des formules (3) ou (4) doit rester inférieure à une certaine valeur qui dépend de la nature des balais et des lois du contact, valeur qu'il y aura lieu de déterminer par des essais rationnels, mais qui très probablement devra être usuellement inférieure à 1 volt, et cela quels que soient le nombre de sections par encoche et le rapport du pas d'enroulement au pas polaire.

7° Détermination expérimentale, en courants alternatifs, de la tension ε_γ et de la constante ζ. — Prenons d'abord le cas où le balai couvre exactement une lame et où le bobinage est diamétral. Deux moyens [1] différents s'offrent à nous pour déterminer ε_γ, moyens qui, d'après les remarques ci-dessus, doivent donner le même résultat.

1. *Mesurer la f. e. m.* ε_γ *en plaçant l'induit dans la position de début de la commutation* (position de la figure 4), avec les balais calés sur les lames 1 et 10 du collecteur (*fig.* 8), *envoyant un courant alternatif* I_a *de fréquence élevée* (si possible, de l'ordre de grandeur de 500 à 1000 périodes par seconde, fréquence ordinaire de la commutation), *et relevant la tension* ε'_γ *entre l'une quelconque des paires de lames* 1 *et* 2, 1 *et* 18, 10 *et* 9, 10 *et* 11.

La réaction d'induit étant ici théoriquement transversale pure, il importe peu, en apparence, que le circuit inducteur soit tenu ouvert ou fermé; en pratique, il sera préférable de mettre cet enroulement en court circuit pour tenir compte d'une petite erreur possible sur la position de l'induit et se placer dans les conditions normales de fonctionnement. *Les valeurs ainsi trouvées pour* ε_γ *et* ζ *s'appliqueront au cas d'un induit sans champ d'inducteur, et seront par suite notablement plus élevées que dans le fonctionnement normal, si l'induit est prévu pour saturation élevée : il sera donc très important de vérifier l'action de la saturation et d'en tenir compte en faisant l'essai avec inducteur excité en courant continu à sa valeur normale, ce qui permettra de se rapprocher davantage, quoique incomplètement encore, des conditions véritables.*

(1) *Voir* Thèse citée, p. 271 et suivantes.

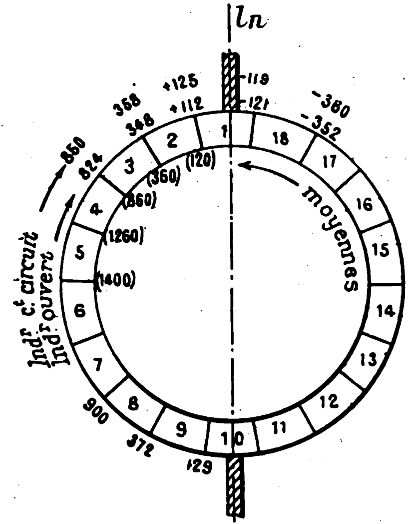


Fig. 8. — Alimentation d'un induit en courant alternatif.

On calculera aisément le terme $\mathfrak{L}'$, ou *coefficient d'induction apparente*, en partant de

$$\varepsilon'_\gamma = \frac{1}{2}\mathfrak{L}'\Omega I_a,$$

Ω étant la pulsation du courant alternatif et $\mathfrak{L}'$ tenant compte du rôle de la bobine commutée simultanément sous l'autre balai, ce qui double sa valeur.

Dans le cas de notre dynamo R, nous avons trouvé $\mathfrak{L}' = 120\,\mu$H environ.

Les chiffres indiqués sur les autres arêtes de lames représentent par proportion la f. e. m. ε'_γ dans les sections correspondantes. Ainsi entre 2 et 3, la moyenne des lectures est 360 contre 120 pour 1 et 2, c'est-à-dire le triple. C'est naturel, puisque une section 2-3 est traversée par le flux s'échappant de 3 dents (les dents A, B et D de la figure 4), au lieu d'une seule dent pour la section 1, 2, ce qui donne une f. e. m. trois fois plus grande, les inductions différant peu dans cette zone centrale interpolaire.

Remarquons, en passant, que cette valeur 360 représente le flux qui sera inversé dans la commutation avec balai couvrant trois lames; il est trois fois plus grand que dans le cas d'une seule lame, mais comme la commutation dure trois fois plus longtemps, la f. e. m. moyenne ε_γ sera la même, comme l'a indiqué notre formule.

2. *Mesurer la f. e. m.* ε''_γ, *en plaçant la section étudiée à la ligne neutre, alimentant cette section en courant alternatif par deux balais placés sur les deux lames correspondantes* (1 et 2, *fig.* 9), *et relevant la tension entre les deux*

10...

lames, l'enroulement inducteur étant mis en court circuit (précaution absolument nécessaire ici).

Si l'on néglige le courant passant par la dérivation constituée par les autres sections de l'induit en série (de 2 à 18), dérivation dont l'impédance est considérable par rapport à celle de la section unique, la tension mesurée aux lames 1 et 2 donne la f. e. m. ε''_γ dans la section sous l'action du courant I_a qui la traverse, et de l'expression

$$\varepsilon''_\gamma = \mathcal{L}'_1 \Omega I_a$$

on tirera la valeur de $\mathcal{L}'_1$, coefficient d'induction de la section avec flux longitudinal étouffé. Nous avons trouvé, dans notre essai, 56 μH.

Il faut bien remarquer que $\mathcal{L}'_1$ ne contient pas ici l'action de la deuxième bobine, commutée en même temps sous l'autre balai dans la marche normale et doit par conséquent être à peu près la moitié de la valeur $\mathcal{L}'$ de tout à l'heure, ce qui est sensiblement réalisé : 56 μH à côté de 120 μH.

Les chiffres de la figure 9 donnent, à titre de renseignements sur lesquels nous n'insisterons pas ici, les

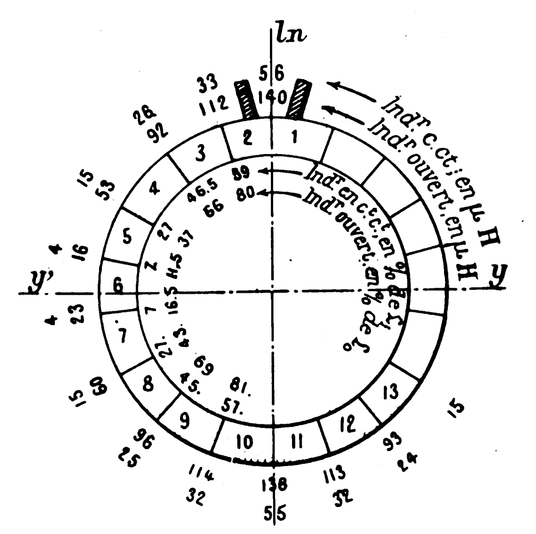


Fig. 9. — Section à la ligne neutre : coefficient d'induction propre et mutuelle.

coefficients d'induction mutuelle entre la section de base et les autres, tant pour inducteur fermé que pour inducteur ouvert. Notons seulement que le coefficient $\mathcal{L}'_0$ pour inducteur ouvert est 140 à côté de 56, soit 2,5 fois plus grand, ce qui montre l'énorme importance du flux longitudinal d'une section à la ligne neutre, quand il n'est pas étouffé.

Dans la figure 10, nous avons indiqué la répartition des flux d'induit dans les dents, pour la position transversale (déduite par différence des chiffres de la figure 8 et donnée en nombres proportionnels); dans la figure 5, la même répartition pour le cas d'une seule section alimentée en courant alternatif à la ligne neutre, soit avec inducteur ouvert (en haut) et avec inducteur fermé (en bas).

Le procédé n° 2 a été préconisé par un ingénieur autrichien, qui a beaucoup publié sur la commutation, Karl Pichelmayer [1]. Il a donné dès 1901 une formule de tension de réactance, en vue de caractériser la commutation à la ligne neutre théorique, la tension de réactance ε_r

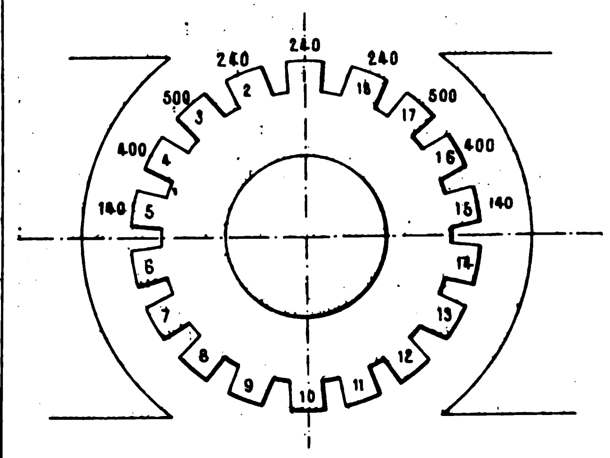


Fig. 10. — Flux d'induit dans les dents (balais à la ligne neutre).

étant la f. e. m. induite dans la section dans le cas d'une commutation linéaire; et en 1902, il a mis cette valeur sous la forme

$$\varepsilon_r = 2\zeta_s N_3 v k l . 10^{-8},$$

expression qui est absolument analogue à notre formule, à part qu'elle contient la constante $2\zeta_s$ à la place de $\frac{3^r \gamma}{100}$.

Comme la nôtre, la formule de Pichelmayer ne contient pas la largeur des balais β', mais Pichelmayer déclare que cette largeur intervient en modifiant la valeur de ζ_s, qui est définie : *le flux produit* (transversalement) *à travers les spires de la bobine commutée pour 1 ampère-fil dans le bloc total commuté et* 1 cm *de longueur d'induit*.

Dans ces temps derniers [2], Pichelmayer a suggéré qu'on pouvait déterminer la valeur de ζ_s ou de ε_r, par un essai en courant alternatif en alimentant par deux balais le bloc des sections commutées, disposées en série et mesurant la tension développée dans une section.

Cette façon de procéder est contestée par divers auteurs et en particulier par le professeur Niethammer [3]; pour nous, sans adopter la façon de raisonner du professeur Niethammer (qui est sensiblement celle de l'École d'Arnold), nous estimons aussi que la conception de Pichelmayer n'est pas rigoureuse, dès que le balai couvre

(1) *Voir* Karl Pichelmayer, *Sur la théorie de la commutation* (*Elektrotechnische Zeitschrift*, 21 novembre 1901, 17 juillet 1902, 4 janvier 1912, 24 et 31 octobre 1912; analyses dans l'*Éclairage électrique*, 11 janvier 1902; *La Revue électrique*, 12 avril et 20 décembre 1912).

(2) *Voir* aussi *Elektrotechnik und Maschinenbau*, 7 janvier 1912.

(3) Niethammer, *Sur la commutation* (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, 21 janvier et 11 février 1912).



plus d'une lame, et cela découle des considérations exposées plus haut.

Tant que le balai ne couvre qu'une lame, la théorie de Pichelmayer basée sur la considération *de la variation de flux dans la section avec le courant en court circuit* (étant tenu compte de l'action de la section commutée sous l'autre balai, en cas de bobinage diamétral) est équivalente à la théorie telle que nous l'exposons, en étudiant le flux de la dent comprise entre les deux positions initiale et finale de la section.

Mais dès que le balai couvre plus d'une lame, la méthode de détermination de ζ_s contient plusieurs erreurs, et il n'est pas possible de trouver une valeur exacte de ε_r ou ε_γ par ce procédé.

Le flux qui intervient dans la production de la f. e. m. moyenne dans la section dépend du courant dans toutes les sections commutées, dont les conducteurs sont voisins sur l'induit, que ces sections se trouvent sous l'un ou sous l'autre balai, alors que Pichelmayer ne peut faire intervenir dans son procédé que les sections commutées sous l'un des balais; il résulte de là une erreur par défaut sur la mesure de ε_r ou de ζ_s.

Par contre, dans la commutation linéaire prise comme base (puisqu'on cherche la valeur moyenne de la f. e. m. ε_r), les courants dans les m différentes bobines commutées et leurs flux sont décalés les uns sur les autres de $\frac{T}{m}$, alors que dans l'essai en courant alternatif les courants et leurs flux sont en phase. La mesure en alternatif donne alors pour ζ_s une valeur trop forte de ce fait: nous avons vu, par le raisonnement rigoureux sur les flux des dents, que la valeur de la tension ε_γ ne dépend pas du nombre de lames couvertes et que par suite ζ est fixe; donc, d'après sa définition, le terme ζ_s de Pichelmayer doit être inversement proportionnel au nombre de lames couvertes.

Comme Niethammer, nous estimons que les valeurs adoptées par Pichelmayer pour son terme ε_r sont trop grandes (il indique 3 à 3,5 volts pour une bonne commutation à la ligne neutre, alors que la valeur limite de notre tension caractéristique ε_γ appelée ainsi pour éviter toute confusion avec la formule de Pichelmayer, doit être au plus de l'ordre de grandeur du volt).

Nous n'avons pas eu le temps de faire des recherches expérimentales sur ce sujet et serions heureux de les voir entreprendre par les constructeurs, sur la base des principes suivants :

1° Le terme ζ et la formule de la tension caractéristique ε_γ ne dépendant pas du nombre de lames couvertes, on fera les essais pour le cas d'une lame. Tout se ramène alors à la mesure d'un élément proportionnel au flux φ qui s'échappe de la dent, quand l'induit est dans la position de réaction purement transversale.

2° On opérera suivant le procédé n° 1 (*fig.* 8), en alimentant l'induit bipolaire par deux balais convenablement calés, avec un courant alternatif I_a de fréquence élevée (si possible). (La position exacte de l'induit sera au préalable obtenue en coupant un courant continu introduit dans l'induit et constatant qu'il n'en résulte aucune élongation dans un voltmètre sensible placé aux bornes de l'inducteur.)

On mesurera la tension alternative entre la lame portant le balai et la lame voisine, et la valeur ε'_γ obtenue pour une période T' du courant alternatif, sera donnée sous la forme

$$(5) \qquad \varepsilon'_\gamma = \mathfrak{L}' \frac{2\pi}{T'} \frac{I_a}{2};$$

dans la commutation normale de durée T et par un courant J dans une dérivation, la valeur de ε_γ est

$$(5') \qquad \varepsilon_\gamma = \mathfrak{L}' \frac{2J}{T};$$

on pourra donc calculer ε_γ par la relation, obtenue en éliminant $\mathfrak{L}'$,

$$(6) \qquad \varepsilon_\gamma = \frac{1}{\pi} \frac{T'}{T} \frac{2J}{I_a}.$$

3° Alors que les résultats de l'essai Pichelmayer deviennent encore plus douteux pour les machines multipolaires et pour les enroulements à pas raccourci, le principe de notre essai reste valable dans tous ces cas.

Il suffit d'alimenter l'induit avec les balais calés aux lignes neutres par un courant alternatif I_a; les formules (5) et (5') deviennent pour un enroulement parallèle à $2p$ pôles, avec $I = 2pJ$,

$$\varepsilon'_\gamma = \mathfrak{L}' \frac{2\pi}{T'} \frac{I_a}{2p},$$

$$\varepsilon_\gamma = \mathfrak{L}' \frac{2J}{T} = \mathfrak{L}' \frac{I}{pT},$$

d'où

$$(6\ bis) \qquad \varepsilon_\gamma = \frac{1}{\pi} \frac{T'}{T} \frac{I}{I_a}.$$

4° On déduira ensuite β ou ζ de cette relation (6), si l'on veut étudier ces constantes dans divers cas.

8° Commutation avec décalage des balais. — On obtient une bonne commutation dans les dynamos génératrices en décalant les balais en avant dans le sens du mouvement.

Le champ de l'induit n'est plus alors purement transversal; il contient un certain nombre de lignes de forces longitudinales. Pendant la rotation de l'induit, tant qu'on n'est pas trop près des cornes polaires et que l'inducteur est fermé, on peut encore admettre que la partie transversale n'a pas de déplacement relatif par rapport à la section du fait de la rotation et que la partie longitudinale reste constante et égale à sa valeur moyenne, les oscillations en plus et en moins étant comme précédemment étouffées presque complètement par le circuit fermé de l'inducteur.

Le seul changement consiste en ce que le champ de l'inducteur n'est pas nul à la dent de commutation et que la variation de flux dans la section en dépend. En particulier, si le champ dû à l'inducteur est sensiblement égal et opposé au champ dû à l'induit, la commutation se fera sans f. e. m. notable et sera parfaite (commutation à la zone vraiment neutre de MM. Latour et Mengès).

Vu la complication et l'insécurité des calculs magnétiques, il ne paraît pas possible de prédéterminer le déca-

lage de balais correspondant à une commutation parfaite.

Faisons remarquer seulement que le bobinage à pas raccourci, dont nous avons démontré le peu d'intérêt dans la commutation à la ligne neutre, peut jouer ici un rôle différent du bobinage diamétral : les barres commutées étant dans un champ plus important, la f. é. m. utile développée par l'inducteur peut atteindre la valeur convenable avec un décalage plus petit des balais et par suite avec une moindre chute de tension dans la dynamo.

Il ne nous paraît pas utile d'insister sur l'extension de la théorie développée ci-dessus au cas des divers artifices de commutation (pôles auxiliaires, etc.) et des autres types d'enroulements (parallèles multiples, série et série parallèles) : une fois le principe admis, l'application découle d'elle-même très simplement, sauf dans le cas des enroulements série à plus de deux lignes de balais, cas où la commutation prend une allure toute spéciale, la variation linéaire du courant dans la section ne correspondant plus à une densité constante sous le balai [1].

Nous serions très heureux si les observations que nous avons présentées dans ce travail pouvaient contribuer à ramener les recherches sur la commutation à une allure plus simple et plus voisine de la réalité que celle qui se dégage de la plupart des publications si complexes parues dans ces derniers temps. A. MAUDUIT.

TRANSFORMATEURS DE FRÉQUENCE.

Transformation d'un courant triphasé en courant monophasé de fréquence triple par transformateur statique [2].

Cet appareil a été décrit par M. Spinelli dans un article paru dans *The Electrician* T. 70, 1912, p. 97, col. 3, fig. 6.

Les grandes installations de traction alimentées par du courant triphasé fonctionnent généralement sous une fréquence de 15 périodes et moins. La lumière à ces faibles fréquences est soumise à de fâcheuses fluctuations. Il existe bien, à vrai dire, des lampes à incandescence pour courants triphasés qui sont exemptes de ce défaut, mais elles n'ont qu'une très faible durée et sont peu économiques. L'appareil décrit ci-dessous permet les trois choses suivantes :

1° Transformation de la tension;

2° Transformation du courant triphasé en courant monophasé;

3° Triplement de la fréquence.

Trois transformateurs monophasés sont montés en étoile du côté primaire; les trois enroulements secondaires sont montés en série. Tant que les tensions primaires sont parfaitement sinusoïdales, la tension secondaire obtenue est nulle; mais si, par suite d'une sursaturation du fer, les courbes sont fortement aplaties, la résultante des trois courbes n'est plus nulle à chaque instant et l'on obtient au secondaire une tension de fréquence triple (*fig.* 1).

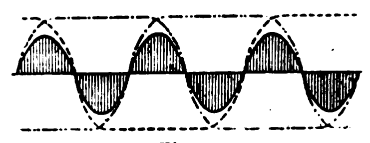


Fig. 1.

Cette façon de faire conduirait toutefois à une très grande chute de tension au secondaire. Cette dernière peut être réduite en utilisant la disposition de la figure 2, c'est-à-dire en formant un quatrième noyau autour duquel on bobine le circuit secondaire.

L'auteur estime que le rendement d'un tel appareil serait élevé sans justifier pourtant ses dires.

Il estime qu'on peut l'employer sur les installations de traction alimentées par des courants triphasés de 10 à 15 périodes, et qu'on peut ainsi obtenir du courant monophasé à 30 et 45 périodes.

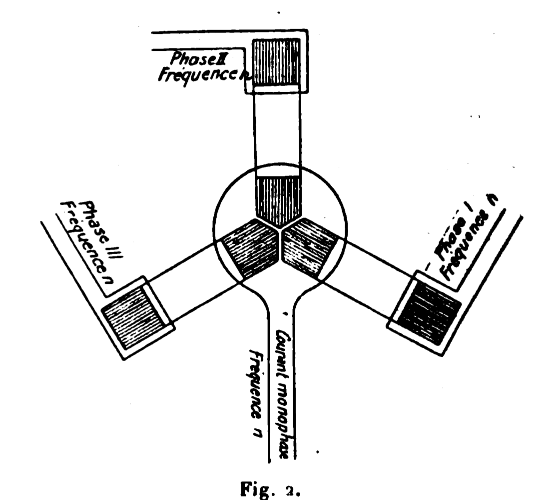


Fig. 2.

Si l'on intercale dans le primaire de cet appareil une bobine de self peu saturée, il est clair que pour de grandes variations de tension la plus grande partie sera supportée par la bobine de self, tandis que le transformateur de fréquence maintiendra une tension secondaire sensiblement constante à ses bornes. Cette propriété possède un gros avantage pour l'alimentation de l'éclairage par les lignes triphasées de traction.

L'inconvénient principal de cet appareil est pourtant, toutefois, d'avoir au secondaire des chutes de tension fortement variables avec la charge. E. P.

MOTEURS THERMIQUES.

Comparaison entre le moteur Diesel et le moteur à vapeur.

En raison de son grand rendement thermique, le moteur Diesel, après avoir conquis une place importante dans les installations industrielles de force motrice,

[1] *Voir* A. MAUDUIT, *Machines électriques*, p. 173. Paris, Dunod et Pinat.

[2] *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIV, 13 mars 1913, p. 303.



a été utilisé avec succès pour la propulsion des sous-marins et des grands navires de commerce. Cette dernière application a fait songer à l'employer sur les navires de guerre où, incontestablement, il présente certains avantages sur le moteur à vapeur : simplicité de manœuvre, suppression des tuyautages de vapeur et amélioration corrélative des conditions de température des soutes à munitions, facilité de mise en marche immédiate, suppression des panaches de fumée qui décèlent au loin la présence d'une escadre, etc.

Dans un article publié dans *La Technique moderne* du 15 avril, M. P. Dumanois, ingénieur de la Marine, examine cette question de l'équipement des navires de guerre avec des moteurs Diesel en se plaçant à deux points de vue : celui du poids par unité de puissance développée et celui de la sécurité de fonctionnement. Bien que le but principal de l'auteur sorte du domaine des préoccupations des ingénieurs électriciens, les considérations qu'il développe dans son article ont un intérêt général; pour cette raison, nous en donnons ci-dessous un résumé. Disons immédiatement que les conséquences qui en découlent conduisent l'auteur à conclure que le moteur Diesel ne peut encore, malgré les avantages rappelés plus haut, prétendre remplacer le moteur à vapeur sur les navires de guerre, tant parce qu'il ne possède pas la sécurité de fonctionnement de ce dernier, que parce qu'il est trop lourd pour les navires de faible tonnage et d'une puissance individuelle trop faible pour les grands navires comme les cuirassés.

I. Comparaison des poids. — Dans les torpilleurs ou sous-marins à machines à vapeur alternatives à allure rapide le poids des machines, chaudières, eau et servitudes correspond à 26 kg par cheval effectif; celui de l'approvisionnement du combustible ne dépasse pas 1,35 kg par cheval. En admettant qu'avec un moteur Diesel le poids du combustible soit réduit au tiers, le poids x du moteur par cheval doit, pour que le poids total soit le même, satisfaire à l'égalité

$$1,35 + 26 = \frac{1,35}{3} + x;$$

on en déduit $x = 35$ kg. Ainsi donc l'emploi du moteur Diesel ne peut être préférable à celui du moteur à vapeur sur les torpilleurs que si, avec un poids par cheval inférieur à 35 kg, il donne les mêmes garanties de solidité et d'endurance qu'un moteur à vapeur [1].

Or si l'on calcule, comme le fait M. Dumanois, le poids par cheval d'un moteur Diesel à quatre temps, de même puissance que le moteur à vapeur et de solidité équivalente, on trouve 57 kg; avec un moteur à deux temps, on obtient 40 kg. Ces valeurs sont donc sensiblement plus fortes que celle trouvée comme maximum admissible pour réaliser l'équivalence. On peut, il est vrai, espérer les réduire en employant des modes de construction différents et de métaux convenables; mais pour le moment il faut s'en tenir à ces chiffres.

II. Comparaison de la sécurité. — Le calcul des poids par cheval du moteur Diesel a été fait en prenant 35 kg : cm² comme valeur éventuelle de la pression maximum dans le cylindre; celui du poids du moteur à vapeur en admettant 17,5 kg : cm². Avec ce dernier moteur on est certain que la pression ne dépassera pas, en fonctionnement normal, la pression servant de base au calcul; avec le moteur Diesel, on sait au contraire qu'il peut se produire des surpressions notables du fait d'incidents *normaux* de fonctionnement. La sécurité de fonctionnement du moteur Diesel sera donc inférieure à celle du moteur à vapeur. Reste à voir si cette infériorité est notable.

Les incidents normaux de fonctionnement dont il est question sont : non-étanchéité de l'aiguille réglant l'injection du combustible et allumage succédant à des ratés. Dans les deux cas le cylindre contient pendant la période de compression un mélange explosif qui explosera quand l'élévation de température atteinte par la compression deviendra suffisante; le moteur fonctionnera alors comme un moteur à explosion ayant de l'avance à l'allumage.

Il est difficile de faire le calcul exact de la pression développée par ces explosions prématurées. M. Dumanois tente cependant de le faire en se plaçant dans des conditions particulières. Nous renvoyons à l'article original les spécialistes curieux de lire ces calculs, et nous nous bornons à en indiquer les résultats.

En admettant tout d'abord que la non-étanchéité de l'aiguille (due à un rodage imparfait, ou à un encrassement des portages, ou à des coincements, ou même à la rupture de la tête d'aiguille) ne produise qu'une fuite suffisamment faible pour que seul le pétrole soit introduit pendant la course de compression sans air supplémentaire, on trouve que la pression peut atteindre 100,7 kg : cm². Si l'on se place dans le cas extrême du maximum de fuite, en supposant l'aiguille levée et coincée pendant toute la durée de la compression, le calcul conduit à une pression de 110,07 kg : cm².

L'allumage succédant à des ratés peut se produire au moment du lancement d'un moteur froid ou n'ayant pas des garnitures très étanches. S'il se produit un seul raté avant l'allumage, on est ramené au cas d'une faible fuite de l'aiguille, avec cette différence que le moteur étant généralement lancé à vide, la quantité de combustible est plus faible et, par suite, la surpression plus petite. Il en est tout autrement s'il y a plusieurs ratés successifs. En effet, à chaque raté, le pétrole injecté se dépose

[1] En faisant le raisonnement inverse pour un navire de commerce filant 8 nœuds, ayant un rayon d'action de 1500 milles, muni d'un moteur Diesel de 800 chevaux pesant 120 kg par cheval et consommant 0,200 kg de combustible par cheval-heure, on trouve que le moteur à vapeur, équivalent comme poids total, devrait peser 45 kg par cheval. La machine à vapeur d'un navire de commerce de ce type pesant largement plus de 45 kg par cheval, il y a, dans ce cas, avantage marqué pour le moteur Diesel.

Dans le cas des cuirassés, on pourrait admettre des poids par cheval comparables à ceux des navires de commerce, mais il faudrait alors des moteurs de puissance unitaire minimum de 6000 chevaux que l'état actuel de la question ne permet pas d'envisager.



partiellement pendant la course de détente; une partie est vaporisée pendant la course de compression suivante, mais celle qui est suffisamment refroidie par les parois subsiste et il peut se produire une accumulation notable de pétrole dans le cylindre. En faisant certaines hypothèses sur la quantité de pétrole qui brûle au moment de l'allumage succédant aux ratés, on trouve que la pression peut atteindre 121,6 kg . cm².

M. Dumanois examine encore le cas où il y aurait en même temps plusieurs ratés successifs et faute de combustible par non-étanchéité de l'aiguille. Il trouve une pression de 158,2 kg : cm².

III. Conclusions. — Ces résultats montrent que, du fait même de son principe, le moteur Diesel peut donner lieu, par suite d'incidents normaux de marche, à des pressions pouvant dépasser le quadruple de la pression normale de fonctionnement. Le calcul des pièces effectué comme on le fait pour une machine à vapeur, en admettant une pression double de la pression de régime, ne donnerait donc aucune garantie pour un moteur Diesel. Pour un tel moteur, il serait prudent de calculer les pièces pour que la limite élastique ne soit pas dépassée pour une pression de 150 kg : cm². Ce calcul conduirait sensiblement aux poids par cheval indiqués au début, c'est-à-dire à prendre 114 kg par cheval pour le moteur à quatre temps et 80 kg par cheval pour le moteur à deux temps; ce sont à peu près ceux d'un grand nombre d'installations de moteurs Diesel, soit à terre, soit sur les navires de commerce.

USINES D'ÉLECTRICITÉ.

L'alimentation en énergie électrique de la ville de Chicago (¹).

La ville de Chicago est desservie par deux grandes stations centrales; l'une appartient à un consortium communal, appelée The Sanitary District of Chicago; l'autre à la Commonwealt Edison Company :

1° Station du consortium The Sanitary District of Chicago. — La création de cette dernière a été connexe des travaux entrepris pour éviter la contamination des eaux du lac Michigan, qui alimente la ville en eau potable, par l'apport de l'eau du fleuve Chicago après la traversée de la ville.

Ce résultat fut obtenu en établissant un canal de jonction entre le fleuve Chicago et le fleuve Desplaines, situé à un niveau moins élevé et dérivant le fleuve Chicago par l'intermédiaire de ce canal directement dans le fleuve Desplaines (environ 22 500 m³ d'eau à la minute).

La forte chute obtenue au confluent de ce canal de dérivation et du fleuve Desplaines et la très grande vitesse atteinte par l'eau ont conduit à prolonger le canal jusque vers Lockport et jusqu'au fleuve Illinois et à installer là une station hydro-électrique de 40 000 chevaux sous une chute de 10 m. De l'année 1904 à l'année 1907, on construisit une station capable de contenir huit groupes de chacun 4000 kw, trois groupes de 350 kw ainsi que l'appareillage de manœuvre de ces unités. Chaque alternateur triphasé de 4000 kw donne une tension de 6600 volts, 60 périodes à la vitesse de 164 t : m; il est actionné par une turbine à eau à axe horizontal de 6000 chevaux; chaque turbine possède trois conduites d'amenée et six roues à aubes calées l'une à côté de l'autre sur un arbre de 22 m de long.

Les machines de 350 kw servent à l'excitation des alternateurs et à la commande des interrupteurs à huile et fournissent du courant continu sous 250 volts. Chaque génératrice est accouplée à une turbine à eau à axe horizontal de 600 chevaux.

A chaque alternateur de 4000 kw correspondent trois transformateurs monophasés de chacun 1333 kw qui élèvent la tension de 6600 à 44 000 volts. Ces transformateurs sont à isolement dans l'huile et à refroidissement par l'eau.

Le tableau de distribution est disposé de telle sorte qu'on puisse surveiller et commander par lui toute la salle des machines. Les barres omnibus à 44 000 volts sont protégées contre les décharges atmosphériques par trois parafoudres électrolytiques reliés à la canalisation aérienne.

Cette dernière se compose d'un fil d'aluminium de 25 mm de diamètre, monté sur des pylônes en fer de 18 m de haut, placés le long du canal de dérivation. Les portées sont de 105 m environ, la distance entre fils est de 1,80 m. La canalisation est actuellement constituée par six fils d'aluminium identiques et les pylônes sont disposés pour recevoir ultérieurement trois nouveaux fils. Au sommet des pylônes est fixée une canalisation de protection contre les coups de foudre. Cette canalisation est reliée à la terre de quatre en quatre pylônes. La canalisation haute tension a une longueur totale de 48 km et finit à la station terminus de Western Avenue, à Chicago. Un câble téléphonique souterrain à quatre conducteurs relie la station terminus avec l'usine de Lockport. Ce câble est connecté tous les 800 m à des appareils téléphoniques. Les réparations s'effectuent au moyen de deux canots automobiles équipés en conséquence pouvant circuler sur le canal de jonction.

A la station terminus de Western Avenue on ramène la tension de 44 000 volts à celle de 12 000 pour la distribution. Cette station est prévue pour l'installation de huit groupes composés chacun de trois transformateurs monophasés à isolement dans l'huile et à refroidissement par l'eau d'une puissance unitaire de 1333 kw, ce qui correspond à 4000 kw par groupe. Six de ces groupes sont déjà actuellement en service. Cette station comporte en outre :

Un transformateur de 1800 kw, tension primaire 12 000 volts, tension secondaire 2300 volts pour l'alimentation des consommateurs les plus voisins;

Deux groupes centrifuges électriques pour l'amenée de l'eau de refroidissement des transformateurs;

Un groupe moteur synchrone génératrice courant continu 200 kw, 500 volts, pour la manœuvre d'une écluse. Ce groupe sert à améliorer également le facteur de puissance en fonctionnant comme moteur synchrone surexcité;

Un groupe moteur générateur avec une batterie d'accumulateurs de 60 éléments pour la production du courant

(¹) *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIV, 30 janvier 1913.



continu destiné à l'éclairage et à la commande des interrupteurs.

L'énergie électrique à la tension de 12 000 volts est distribuée en divers points de la ville à sept sous-stations dans lesquelles s'effectue une nouvelle transformation à 2200 volts environ. La ville de Chicago a passé un contrat avec le consortium, contrat par lequel on lui livre le kilowatt-heure mesuré sur la haute tension au prix de 2,75 centimes. Ce bas prix a permis de généraliser dans de grandes proportions l'éclairage électrique des rues.

Actuellement, il y a en service à Chicago 12 500 lampes à arc : 3000 sont des lampes à courant continu, alimentées par des machines Brush et qui brûlent en séries de 75 à 100, et 9500 lampes à courant alternatif avec charbon à longue durée. Ces lampes ont été remplacées par de nouveaux types construits par la G. E. C° et la Staves Electric C°; ce sont des lampes à arc flamme à longue durée. Elles ont une consommation spécifique de 0,2 watt par bougie Heffner; le temps d'allumage peut être de 100 à 110 heures; on va de plus installer 10 000 nouvelles lampes de ce type.

Il existe de plus dans Chicago un grand nombre de lampes à filaments métalliques pour 23 volts, 4 ampères. Ces lampes brûlent en série de 160; on met en parallèle avec ces lampes des bobines de self de protection.

Outre l'éclairage de la ville même, on a rattaché à cette station celui de six faubourgs; de plus, elle alimente également deux grosses pompes centrifuges pour l'alimentation en eau potable; enfin, on projette une nouvelle installation de pompes absorbant 1000 chevaux qui serviraient à empêcher les inondations éventuelles du fleuve Chicago des parties les plus basses de la ville.

2° La nouvelle usine de La Commonwealt Edison Company. — Aux deux vieilles usines importantes de Fish-Street et Quarry-Street, depuis longtemps déjà en service et capables respectivement de 120 000 et de 84 000 kw est venue s'ajouter, dans ces derniers temps, la station de North-West capable d'une puissance totale de 240 000 kw et qui est prévue pour contenir douze turbo-groupes à vapeur à axe vertical de chacun 20 000 kw, y compris les chaudières, les transformateurs et l'appareillage. Cette station est éloignée de 10 km de Chicago et le devis relatif à sa construction complète s'élève à 105 millions de francs ce qui correspond au chiffre relativement bas de 440 fr environ par kilowatt.

Pour avoir toutes les sécurités voulues contre l'incendie, l'installation totale est contenue dans trois bâtiments séparés. L'un de ces bâtiments est réservé aux turbines et aux chaudières, l'autre aux transformateurs et le troisième aux appareils de sectionnement et aux tableaux de distribution.

Chaque turbine capable d'une puissance de 30 000 chevaux est alimentée par dix chaudières de chacune 520 m² de surface de chauffe à foyer mécanique (11 m² de surface de grille). Ces chaudières sont munies de surchauffeurs et de réchauffeurs d'eau d'alimentation, et chaque groupe de dix chaudières correspond à une cheminée en tôle de 75 m de haut.

Le charbon d'alimentation est amené directement jusqu'à l'usine par une voie de raccordement et versé à un stock. Il est repris de là pour être tiré et concassé, puis transporté mécaniquement dans des silos placés audessus des chaudières. De là, le charbon se rend directement par des trémies sur les grilles mécaniques. Chaque turbine comporte un rotor de six roues à double rangée d'aubes de 4 m de diamètre environ. Elles consomment à pleine charge sous une pression d'admission de 17,6 atm, 6,3 kg de vapeur par kilowatt et par heure. Les alternateurs produisent des courants triphasés à 4500 volts, 25 périodes. Pour faire équilibre au rotor qui pèse 90 tonnes environ on applique une pression d'huile de 56 atm en bout de l'arbre vertical. Le condenseur séparé pour chaque turbine est placé directement en dessous d'elle; il possède une surface de 3000 m² correspondant à 0,1 m² par cheval et peut condenser de 127 à 135 tonnes de vapeur par heure suivant la température de l'eau de condensation. Cette eau de condensation est amenée à l'usine par une conduite de 330 m de long alimentée par le bras nord du fleuve Chicago.

A chaque alternateur de 20 000 kw correspondent six transformateurs monophasés à isolement dans l'huile et refroidissement par l'eau. Ces transformateurs élèvent la tension de 4500 à 9000 volts; chacun d'eux a une puissance de 3333 kv-a. C'est sous cette tension que se fait la distribution aux différents postes de transformation.

Pour les différents services de l'usine et pour l'alimentation des moteurs et de l'éclairage, on a installé un transformateur spécial de 750 kw; de plus, il existe deux turbo-générateurs à courant continu de chacun 200 kw pour l'excitation des alternateurs et pour la commande des appareils de sectionnement, deux groupes convertisseurs rotatifs, moteur asynchrone, génératrice à courant continu et une batterie d'accumulateurs. Cette dernière alimente l'éclairage de secours de l'usine.

E. P.

La puissance hydraulique aménagée en Europe. — Le tableau suivant donne, en chevaux, la puissance des chutes d'eau aménagées dans les divers pays d'Europe :

Pays.	Chevaux.
France	650 000
Italie	565 000
Suisse	213 000
Allemagne	340 000
Norvège	920 000
Suède et Finlande	480 000
Espagne	300 000
Angleterre	30 000
Hongrie	20 000
Total	3 518 000

La France vient donc au second rang, immédiatement après la Norvège, dont les ressources hydrauliques sont énormes.



APPLICATIONS MÉCANIQUES.

MOTEURS.

Sur le fonctionnement du moteur polyphasé à collecteur.

Le moteur triphasé à collecteur est actuellement d'un emploi courant et il nous a paru intéressant de résumer les travaux les plus récents sur ce sujet.

La figure 1 représente de la manière la plus simple le mode de fonctionnement du moteur triphasé série à

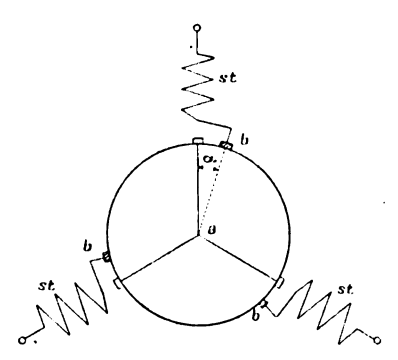


Fig. 1. — Accouplement du moteur.

collecteur; les courants traversent les enroulements d'un stator triphasé de construction normale; mais ils ne se réunissent pas pour former le point neutre; ils sont, au contraire, connectés à trois séries de balais décalés de 120° (dans le cas d'un moteur bipolaire) et appuyés sur le collecteur d'un induit ordinaire à courant continu qui peut tourner dans le stator considéré.

La figure 2 montre la distribution des courants triphasés dans l'induit à courant continu; le courant qui pénètre dans cet induit par un des balais se partage en deux parties et sort de l'induit par les deux autres balais, l'enroulement est donc connecté en triangle

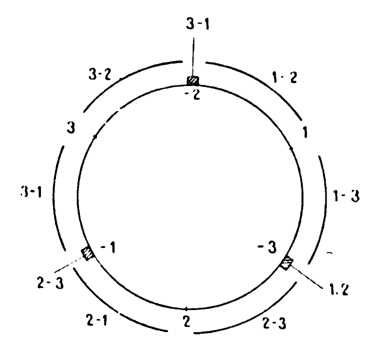


Fig. 2. — Distribution des courants dans le rotor.

Les courants de chaque phase, à l'intérieur de l'induit, sont désignés par 1, 2, 3 et les résultantes de ces courants sont représentées (*fig.* 2) par des arcs de cercles; on reconnaît facilement que si l'induit est parcouru de cette manière par des courants triphasés, que cet induit soit en mouvement ou non, le champ résultant tourne régulièrement comme si le moteur avait un rotor ordinaire enroulé en triphasé.

La phase du champ tournant dans l'espace ne dépend que de la position des balais et peut, par conséquent, être modifiée à volonté. On peut enrouler les deux parties du moteur de telle manière que le nombre de spires actives du rotor soit égal au nombre de spires actives du stator et nous supposerons dans ce qui suit que cette condition est réalisée.

Si les balais (*fig.* 1) sont amenés dans l'axe des pôles du stator, les ampères-tours stator et rotor sont égaux et opposés, le champ résultant est nul; cette position des balais correspond donc au court circuit, le couple moteur dans cette position est nul et le moteur peut être comparé à un transformateur en court circuit qui ne fournit aucun travail.

Si les balais sont déplacés d'un angle égal à 180° électriques, c'est-à-dire déplacés de l'intervalle d'un pôle, les champs magnétiques du stator et du rotor s'ajoutent : il ne peut exister aucun couple, car les courants dans le stator et dans le rotor ont en chaque point la même direction; cette disposition correspond au cas du transformateur fonctionnant à vide.

Pour toute autre position des balais, celle par exemple représentée sur la figure 1, les balais étant décalés d'un angle α par rapport à la position de court circuit, la composition des champs du stator et du rotor produit un champ utile qui, combiné avec la circulation des courants dans le rotor, donne un couple moteur utilisable.

Si l'on admet que les courants sont distribués suivant une loi sinusoïdale, ce qui est à peu près réalisé dans le cas des moteurs triphasés, les flux du stator et du rotor peuvent être représentés par un système de vecteurs, comme la figure 3 le montre clairement.

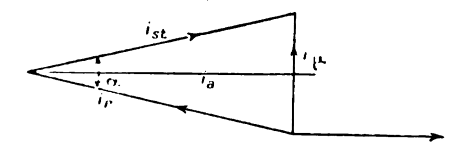


Fig. 3. — Composition des courants

Le nombre d'ampères-tours de l'induit est, par construction, égal à celui du stator et leur direction est opposée à l'angle α près du décalage des balais, les courants sont de même phase puisque les deux parties du moteur sont mises en série; nous avons vu, en outre, que la phase dans l'espace ne dépendait que du décalage α, il en résulte que le diagramme est applicable dans tous les cas (RUDENBERG, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 24 novembre 1910),

que le rotor tourne ou non, qu'il tourne dans le sens du champ tournant ou en sens opposé.

Si l'angle α est nul, les deux vecteurs i_{st} et i_r se détruisent et les ampères-tours résultants sont nuls, le moteur est à la position de court circuit, comme nous l'avons vu plus haut.

Pour un décalage donné α, la somme vectorielle de i_{st} et i_r est égale à i_μ, qui produit dans le moteur un champ Φ de même phase dans le temps, c'est le champ principal du moteur.

Dans l'espace, le champ Φ est décalé d'un demi-pas polaire et dans le diagramme de la figure 3 le vecteur Φ est décalé de 90° par rapport au vecteur i_μ représentant le courant magnétisant.

Le champ principal Φ exerce un couple sur le système de courants qui, dans l'espace, est en phase avec lui; il n'a aucune action sur le système de courants qui est décalé de 90°; le vecteur i_a de la figure 3 est donc le courant moteur, il forme la composante utile des courant i_{st} et i_r, le couple du moteur est proportionnel au flux et au courant i_a, ou, comme la caractéristique est droite (si le fer n'est pas saturé), le couple est directement proportionnel à i_μ, courant magnétisant.

En désignant par $A_1, A_2, \ldots$ des constantes convenables, on peut poser

$$(1) \qquad i_\mu = A_1 \Phi,$$

et comme valeur du couple

$$(2) \qquad C = A_2 i_\mu i_a:$$

le diagramme montre de la manière la plus claire comment se forme le couple d'un moteur triphasé à collecteur, ce couple est directement proportionnel à la surface du triangle de la figure 3, et pour un courant donné il ne dépend que de l'angle α du décalage des balais.

On peut encore poser

$$(3) \qquad i_\mu = 2 i_a \operatorname{tang} \frac{\alpha}{2},$$

et, par suite, (1) et (2) deviennent

$$(4) \qquad C = \frac{A_2}{2} i_\mu \cot \frac{\alpha}{2} = \frac{A_1^2 A_2^2}{2} \Phi^2 \cot \frac{\alpha}{2},$$

le couple est donné ici en fonction du flux principal du moteur et peut, par suite, être calculé facilement.

On peut encore remarquer sur la figure 3 que le courant consommé par le moteur se compose ici du courant utile et du demi-courant magnétisant alors que, dans le cas du moteur asynchrone ordinaire, c'est le courant magnétisant total qui intervient dans la somme; il en résulte que le facteur de puissance du moteur à collecteur est de beaucoup supérieur à celui du moteur asynchrone ordinaire.

Le champ principal du moteur, utile pour la détermination du couple moteur (4), dépend de la tension aux bornes et du nombre de tours effectué par le rotor. Si l'on désigne par n_0 le nombre de tours du moteur correspondant au synchronisme et qui est proportionnel à la fréquence des courants d'alimentation, et par n le nombre de tours que fait le moteur au moment considéré, la tension aux bornes du stator est égale à

$$(5) \qquad E_{st} = A_3 n_0 \Phi,$$

et la tension aux bornes du rotor est égale à

$$(6) \qquad E_r = A_4 (n_0 - n) \Phi;$$

les deux tensions sont proportionnelles à la fréquence du réseau d'alimentation; mais, alors que la fréquence aux bornes du stator est constante et correspond à n_0, la fréquence du rotor est proportionnelle au glissement du rotor par rapport au champ tournant; cependant, grâce au jeu du collecteur, les courants et tensions aux bornes du rotor sont à la même fréquence que les tensions et courants d'alimentation.

En divisant l'équation (5) par l'équation (6), on obtient le rapport des tensions

$$(7) \qquad \frac{E_r}{E_{st}} = \frac{n_0 - n}{n_0} = 1 - \frac{n}{n_0}$$

ou

$$(8) \qquad \frac{n}{n_0} = 1 - \frac{E_r}{E_{st}} = \frac{E_{st} - E_r}{E_{st}}.$$

En introduisant maintenant l'expression (5) dans celle (4) qui donne le couple, il vient

$$(9) \qquad C = A E_{st}^2 \cot \frac{\alpha}{2},$$

relation qui montre que, en dehors d'une constante A, le couple ne dépend que de la tension aux bornes du stator et de l'angle de décalage des balais.

Lorsque le décalage des balais est nul, la tension au stator est égale et opposée à celle du rotor car les deux enroulements sont équivalents entre eux et sont opposés exactement.

Si les balais sont déplacés d'un angle de α degrés électriques dans le sens du champ tournant, la tension alternative aux balais est en retard sur la tension au stator de α degrés dans le temps.

Les tensions conservent leurs valeurs quel que soit le décalage des balais, de sorte que, lorsque le moteur est arrêté, si ces tensions sont égales, le diagramme de la figure 4 montre la manière dont se composent les deux tensions.

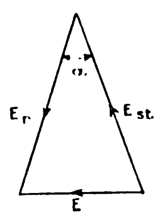


Fig. 4. — Diagramme des tensions.

La somme vectorielle des tensions E_r et E_{st} est variable dans la figure 4, bien que α et E restent constants. La pointe du triangle des tensions se déplace sur un cercle construit sur la corde E avec un angle α entre les côtés mobiles du triangle, comme le montre la figure 5.

10.....

Le rayon du cercle a pour valeur

$$R = \frac{E}{2\sin\alpha}, \tag{10}$$

on peut tracer le diagramme pour différentes valeurs de α et, par conséquent, avoir pour ces différents angles les caractéristiques de fonctionnement du moteur.

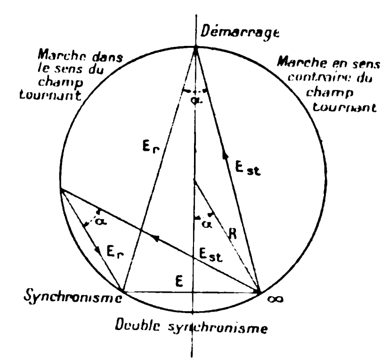


Fig. 5. — Diagramme du cercle des tensions.

Chaque point du cercle correspond à un certain rapport des tensions au stator et au rotor et, par conséquent, en raison de l'équation (8) à un nombre de tours déterminé du moteur; en outre, de la mesure de la tension au stator pour chacun de ces points on tire la valeur du couple moteur correspondant au nombre de tours considéré.

Le côté gauche du cercle de la figure 5 correspond au régime normal du moteur; lorsque le point de fonctionnement se déplace sur la partie gauche du cercle à partir du point de fonctionnement au repos, la tension du rotor diminue de plus en plus, le nombre de tours augmente, il atteint le synchronisme quand $E_r = 0$, la tension au stator est alors égale à la tension E d'alimentation.

Si le triangle se déplace encore sur la partie gauche, la tension du rotor augmente de nouveau, mais elle a changé de sens; le nombre de tours augmente encore. Lorsque la pointe du triangle a atteint le diamètre vertical, les tensions au stator et au rotor sont de nouveau égales entre elles; le moteur tourne alors à une vitesse double de celle du synchronisme, en continuant le déplacement vers la droite, le nombre de tours augmente pendant que la tension au rotor diminue ainsi que le couple moteur.

Le côté droit du cercle représente le fonctionnement du moteur marchant en sens inverse du flux tournant. La machine peut alors marcher aussi bien en réceptrice qu'en génératrice, le sens du couple ne dépend en effet aucunement du sens de rotation du flux tournant, mais seulement du décalage des balais à partir de la position d'arrêt; il est avantageux cependant d'utiliser la machine en la faisant tourner dans le même sens que le flux afin de diminuer les pertes par hystérésis et courants de Foucault; il est toujours possible d'obtenir ce résultat en inversant deux des phases d'alimentation.

On peut obtenir facilement le facteur de puissance correspondant à chacun des points de fonctionnement; dans le stator comme dans le rotor le courant de travail est en phase avec la tension d'alimentation; la figure 3 montre que les vecteurs représentant le courant de travail et le courant total forment entre eux un angle égal à $\frac{\alpha}{2}$; le champ tournant étant supposé parfaitement sinusoïdal, l'angle de décalage entre le courant et la force électromotrice est aussi égal à $\frac{\alpha}{2}$, il en est de même, sauf en ce qui concerne le sens, pour le rotor.

La figure 6 montre que, lorsque le moteur est arrêté, il existe un décalage de 90° entre le courant et la force électromotrice, le travail extérieur est également nul.

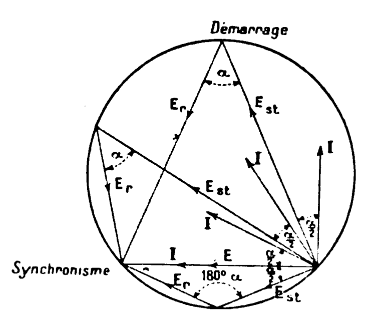


Fig. 6. — Positions des vecteurs de courants et de tensions.

Si le moteur se met en mouvement, l'extrémité du vecteur représentant E_{st} se déplace sur le cercle, le décalage de phase devient de plus en plus petit jusqu'à prendre la valeur $\frac{\alpha}{2}$ au synchronisme, c'est-à-dire jusqu'à prendre pour valeur le demi-angle du décalage des balais; le facteur de puissance devient alors

$$\cos\varphi_0 = \cos\frac{\alpha}{2}. \tag{11}$$

On voit qu'il y a avantage à faire fonctionner le moteur avec un décalage des balais très petit, par exemple pour $\alpha = 30°$, le facteur de puissance devient égal à

$$\cos\varphi_0 = 0,97;$$

pour $\alpha = 60°$, on a seulement

$$\cos\varphi_0 = 0,87.$$

Lorsque le nombre de tours augmente, la valeur du facteur de puissance augmente; pour un nombre de tours double de celui correspondant au synchronisme, le courant est en phase avec la tension. Si le moteur tourne en sens contraire du champ tournant, le facteur de puissance est continuellement mauvais.

On tire de la figure 6 la relation

$$E = E_{st}^2 + E_r^2 - 2E_{st}E_r\cos\alpha;$$

si l'on introduit dans cette équation la valeur de E_r trouvée précédemment (7),

$$E_r = E_{st}\left(1 - \frac{n}{n_0}\right) = gE_{st}$$

avec $g = 1 - \frac{n}{n_0}$ comme valeur du glissement en pour cent, il vient

(12) $$E^2 = E_{st}^2(1 - s^2 - 2s\cos\alpha);$$

le couple du moteur a maintenant pour valeur

$$C = \frac{AE^2 \cot\frac{\alpha}{2}}{1 + s^2 - 2s\cos\alpha},$$

la constante A dépend des dimensions du moteur; appelons E_0 la tension normale du réseau, α_0 l'angle normal de décalage des balais, par exemple 30°; C_0 le couple normal dans les conditions ci-dessus et pour le synchronisme, il vient

$$A = \frac{C_0}{E_0^2 \cot\frac{\alpha_0}{2}},$$

de sorte qu'on obtient pour le couple la formule générale

(13) $$\frac{C}{C_0} = \frac{E^2}{E_0^2} \frac{\cot\frac{\alpha}{2}}{\cot\frac{\alpha_0}{2}} \frac{1}{1 + s^2 - 2s\cos\alpha}.$$

On tire de l'équation (13) la valeur

(14) $$\frac{n}{n_0} = 1 - \cos\alpha \pm \sqrt{\frac{C_0}{C}\frac{E^2}{E_0^2}\frac{\cot\frac{\alpha}{2}}{\cot\frac{\alpha_0}{2}} - \sin^2\alpha}.$$

En traçant des courbes à l'aide des relations ci-dessus, on voit que, pour de petits décalages des balais, le moteur triphasé série à collecteur se comporte comme un moteur à courant continu série; le nombre de tours diminue quand le couple augmente et le réglage peut être effectué très facilement par le décalage des balais, le nombre de tours pour un même couple diminuant quand le décalage des balais augmente.

Le fonctionnement est donc stable, mais cette stabilité n'existe pas dans toute la région de décalage possible; à partir d'une certaine valeur du décalage, le nombre de tours correspondant à un certain couple tendrait à augmenter en même temps que le couple, le fonctionnement est alors instable et le moteur s'arrête ou atteint une vitesse d'équilibre plus grande.

L'équation (14) montre que la limite de stabilité pour un couple résistant constant est déterminée par la valeur

(15) $$\frac{n_s}{n_0} = 1 - \cos\alpha,$$

pour les petits décalages, elle correspond à une vitesse presque nulle.

Il résulte des observations ci-dessus que le moteur triphasé à collecteur peut fournir des couples de démarrage très importants, mais qu'il ne peut développer ces couples à une petite vitesse; il accélère continuellement jusqu'au moment où il atteint la limite de stabilité.

Cette condition de stabilité peut être très gênante dans certains cas, quand il est nécessaire de faire marcher le moteur à petite vitesse pour un couple déterminé; il est possible d'obtenir un fonctionnement stable en modifiant convenablement le moteur.

Considérons la figure 7, on a vu (9) que le couple

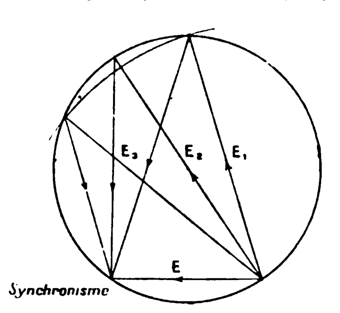


Fig. 7. — Diagramme de stabilité.

moteur pour un décalage donné des balais est proportionnel au carré de la tension du stator E_{st}; à l'arrêt cette valeur est déterminée par la longueur E_1. Le diagramme montre que cette longueur croît d'abord lorsque le vecteur tourne vers la gauche, la limite de stabilité est obtenue pour la position E_2 du vecteur représentant la force électromotrice du stator.

Lorsque ce vecteur continuant son mouvement vers la gauche vient en E_3, le couple moteur a repris la valeur qu'il avait au démarrage: si ce couple est égal au couple résistant, le mouvement du vecteur s'arrête, le moteur est en fonctionnement normal stable; si le couple résistant diminue, la vitesse augmente, elle diminue si le couple augmente.

Pour obtenir un fonctionnement stable depuis le démarrage, il est nécessaire que le vecteur de la tension au stator ne soit plus une corde du cercle, mais soit le diamètre même du cercle; il faut donc pour cela que la tension du stator soit plus grande à l'arrêt que la tension du rotor, il est donc nécessaire que le nombre de spires actives du stator soit plus grand que le nombre de spires actives du rotor.

Si le moteur est destiné à commander un ventilateur, cette condition d'établissement n'est plus nécessaire.

Le calcul des dimensions du moteur triphasé à collecteur dépend seulement des tensions E_{st} et E_r, spécialement en ce qui concerne la saturation du fer, les pertes dans le fer, etc.; il est donc intéressant de connaître ces tensions en fonction du décalage des balais et du nombre de tours.

Le diagramme de la figure 3 permet de calculer le courant d'alimentation emprunté au réseau; comme le couple est directement proportionnel à la surface du triangle et que celle-ci dépend du courant pris par le moteur, on a

$$C = A_1 I^2 \sin\alpha$$

et, par suite,

(16) $$\frac{I}{I_0} = \sqrt{\frac{C\sin\alpha}{C_0\sin\alpha_0}}.$$

Le décalage de phase entre le courant et la tension

peut également être déterminé assez simplement; la figure 8 est un point quelconque du diagramme, le courant

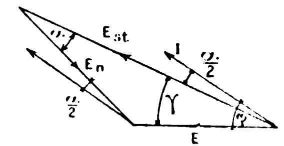


Fig. 8. — Diagramme des courants et des tensions.

est toujours en retard d'un angle $\frac{\alpha}{2}$ sur la tension du stator; on a sur la figure (où $E_n = E_r$)

$$\sin\gamma = \frac{E_r}{E}\sin\alpha = s\frac{E_{st}}{E}\sin\alpha$$

et en tenant compte de l'équation (12)

$$\sin\gamma = \frac{s\sin\alpha}{\sqrt{1+s^2-2s\cos\alpha}}.$$

En observant que sur le diagramme on a

$$\cos\varphi = \cos\left(\gamma+\frac{\alpha}{2}\right) = \cos\gamma\cos\frac{\alpha}{2} - \sin\gamma\sin\frac{\alpha}{2},$$

le facteur de puissance a pour expression

$$(17)\qquad \cos\varphi = \frac{(1-s)\cos\frac{\alpha}{2}}{\sqrt{1+s^2-2s\cos\alpha}};$$

on voit que seuls la vitesse et le décalage des balais ont une influence sur le facteur de puissance. A l'arrêt ce facteur de puissance est nul, au synchronisme il est égal au cosinus du demi-angle du décalage des balais, et à une vitesse double du synchronisme, il est égal à l'unité, comme nous l'avons vu précédemment en examinant le diagramme.

On peut encore obtenir un facteur de puissance égal à l'unité pour un nombre de tours voisin de celui correspondant au synchronisme; ce résultat est encore relativement facile à obtenir en utilisant la méthode que nous avons déjà employée pour faire varier la limite de stabilité.

La figure 9 est une reproduction de la figure 3, l'angle

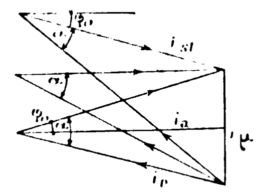


Fig. 9. — Diagramme de compensation.

dans l'espace compris entre le courant de travail i_t et le courant total i_{st} est toujours égal à l'angle dans le temps compris entre la tension au stator et le courant du réseau.

Au synchronisme la tension du réseau et la tension aux bornes du stator sont en phase, l'angle φ_0 est continuellement égal au décalage de phase au synchronisme.

Si l'on désire diminuer la valeur de cet angle, il est nécessaire de déplacer la pointe du triangle; lorsque i_{st} est perpendiculaire sur i_μ et, par suite, est de même phase que i_a, le facteur de puissance est égal à l'unité. Comme le stator ne reçoit que le courant de travail, le courant magnétisant doit être fourni par le rotor.

Si la pointe du triangle se déplace encore vers le haut, φ_0 devient négatif, le courant est en avance de phase sur la tension, de sorte que le moteur est compensé pour une vitesse inférieure à celle du synchronisme.

Pour obtenir une forme du diagramme telle que celle représentée figure 9, il est nécessaire de construire le moteur de telle manière que les composantes i_r et i_{st} soient inégales, il faut pour cela que le nombre de spires actives du rotor soit plus grand que celui du stator: on remarquera que cette condition est opposée à celle nécessaire pour obtenir une bonne stabilité.

Nous ferons maintenant observer que tous ces raisonnements supposent que le moteur n'a pas de pertes pas hystérésis, courants de Foucault, et que les pertes par effet Joule sont également nulles. On a supposé, en outre, que le fer travaille dans la partie droite de la courbe et qu'enfin la dispersion est nulle, c'est dire que cette théorie est simplement approchée.

Les courbes de la figure 10 se rapportent à un moteur

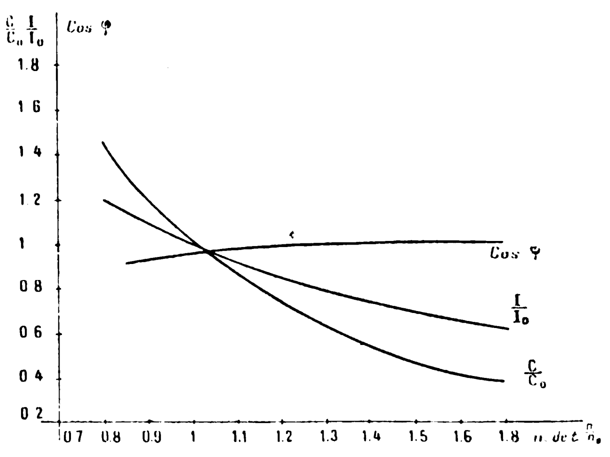


Fig. 10. — Décalage constant, vitesse variable.

de 13 chevaux à 1000 tours (vitesse de synchronisme) dans lequel la saturation était poussée assez loin, le décalage des balais était égal à 30°, les points relevés diffèrent assez peu des courbes calculées; les courbes de la figure 11 se rapportent au même moteur, mais dans ce cas, le décalage des balais était variable, le couple résistant étant maintenu constant; là encore, les points relevés diffèrent peu des courbes calculées, particulièrement en ce qui concerne le facteur de puissance.

Il résulte de considérations précédentes que la compensation du courant magnétisant est réalisée seulement à une vitesse double de celle correspondant au synchronisme, au-dessus de cette vitesse le courant est en retard sur la force électromotrice; au-dessous il est en avance; en

outre, pour les grandes valeurs de l'angle de décalage des balais, il existe une limite de stabilité pour un certain nombre de tours au-dessous duquel le moteur ne peut travailler.

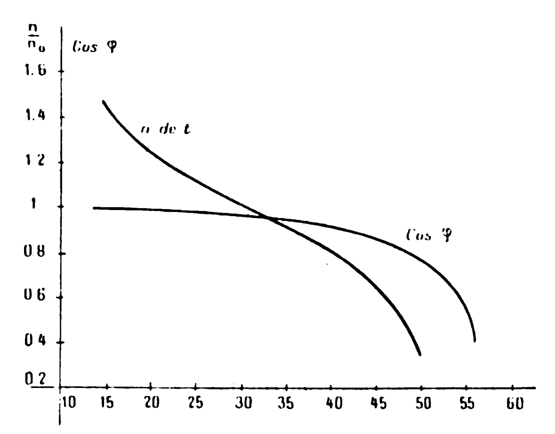


Fig. 11. — Couple constant, décalage variable.

On a montré aussi que les deux limites, aussi bien celle correspondant à la compensation que celle correspondant à la stabilité pouvaient être modifiées à volonté par simple variation des nombres de spires du stator et du rotor.

Une compensation parfaite aux petites vitesses exige que le nombre de spires effectives du rotor soit plus grand que le nombre de spires actives du stator, le désir d'augmenter la stabilité aux petites vitesses conduit à réaliser un rapport inverse de ces nombres de spires.

Considérons maintenant le moteur représenté schématiquement par la figure 12, l'enroulement du moteur est

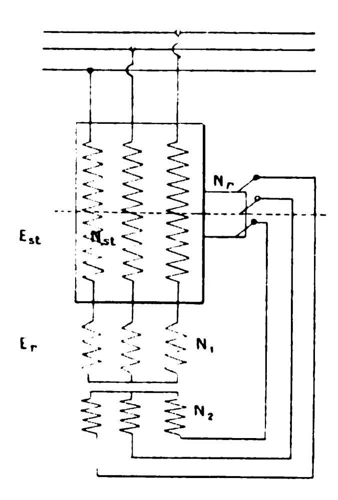


Fig. 12. — Accouplement du moteur.

monté en série avec celui du rotor par l'intermédiaire d'un transformateur que nous supposerons sans pertes, sans dispersion et dont le courant magnétisant serait négligeable.

Nous appellerons les nombres de spires du stator et du rotor N_{st} et N_r, les nombres de spires des enroulements du transformateur seront désignés par N_1 et N_2; l'emploi d'un tel transformateur permettra de faire varier le rapport des nombres de spires effectives du stator et du rotor indépendamment de la tension du réseau (RUDENBERG, *Elektrotechnische Zeitschrift*, mars 1911).

Le rapport des nombres de spires devient par l'emploi du transformateur

$$(18) \qquad x = \frac{N_r}{N_{st}} : \frac{N_2}{N_1} = \frac{N_r N_1}{N_{st} N_2}$$

et ce rapport est une des caractéristiques les plus importantes pour le fonctionnement du moteur, le rapport de transformation égal à l'unité correspond au cas du moteur ayant un même nombre de spires actives sur le stator et sur le rotor.

La figure 13 montre le diagramme des forces électro-

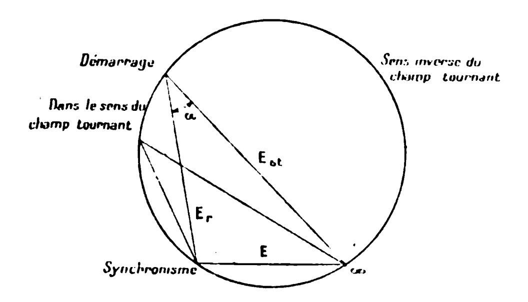


Fig. 13. — Diagramme des tensions.

motrices pour un tel moteur, la tension du réseau d'alimentation E est la résultante ou somme vectorielle des tensions E_{st} et E_r du stator et du rotor comme nous l'avons vu plus haut; ces deux tensions étant décalées de l'angle α du décalage des balais, le diagramme est dessiné pour un rapport x plus petit que l'unité, de sorte que le nombre d'ampères-tours du rotor est plus petit que le nombre d'ampères-tours du stator.

La tension du rotor a été amenée à l'échelle de celle du stator, elle peut d'ailleurs être directement mesurée aux bornes de l'enroulement primaire du transformateur.

Le triangle des vecteurs représenté en traits pleins correspond au démarrage des moteurs, le triangle représenté en traits pointillés correspond à un point quelconque du fonctionnement du moteur, la partie gauche du diagramme correspond au cas où le moteur tourne dans le sens du champ tournant, le côté droit au cas où le moteur tourne en sens contraire du champ tournant.

Si le rapport de transformation du transformateur était égal à l'unité, la tension du rotor serait égale à la tension du stator lors du démarrage, elle est d'une manière générale, proportionnelle au rapport de transformation du moteur. Elle est, en outre, proportionnelle au glissement s du moteur, glissement mesuré par rapport au nombre de tours n_0 correspondant au synchronisme; on a donc

$$(19) \qquad E_r = x E_{st} s = x E_{st}\left(1 - \frac{n}{n_0}\right)$$

et, par suite, le nombre de tours du moteur est égal à

$$\frac{n}{n_0} = 1 - \frac{E_r}{x E_{st}}, \tag{20}$$

cette valeur du nombre de tours peut facilement être tirée du diagramme de la figure 13 sur laquelle on peut mesurer les différentes tensions.

Le diagramme 14 du système des courants dans la machine est également dessiné pour un rapport de transformation plus petit que l'unité; les ampères-tours du rotor représentés par i_r sont dans le rapport x avec les ampères-tours du stator i_{st}, les deux systèmes de courants s'additionnent géométriquement en tenant compte de l'angle α du décalage des balais, la résultante i_μ est le courant magnétisant du moteur, le flux Φ du moteur est créé par ce courant.

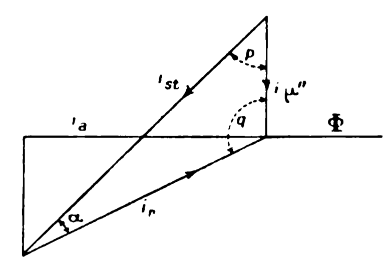


Fig. 14. — Diagramme des courants.

On remarquera que le champ n'est pas nul lorsque l'angle α devient égal à zéro, car à cause de

$$i_r = x i_{st}, \tag{21}$$

il existe un courant magnétisant même quand i_r est directement opposé à i_{st}, c'est-à-dire quand l'angle α est nul, mais dans ce cas on voit que le champ principal est décalé de 90° sur le système de courant et par suite le couple moteur est nul, la position de court circuit n'est donc plus déterminée par la condition d'un champ magnétique nul, mais par la condition du minimum du champ.

La forme du triangle des courants est complètement déterminée par le décalage des balais et par le rapport de transformation; dans le cas de la figure 14, les courants du stator agissent dans le sens du courant magnétisant, les courants du rotor agissent dans le sens contraire.

La valeur du courant magnétisant a pour expression

$$i_\mu = \sqrt{i_r^2 + i_{st}^2 - 2 i_{st} i_r \cos\alpha} = i_s \sqrt{1 + x^2 - 2x\cos\alpha} \tag{22}$$

si l'on néglige l'effet de la saturation du fer, le flux est proportionnel au courant magnétisant; on a, par suite,

$$i_\mu = A_1 \Phi \tag{23}$$

comme valeur du courant magnétisant.

Le couple moteur, ainsi que nous l'avons déjà vu, est proportionnel au flux Φ, c'est-à-dire au courant magnétisant i_μ et à la composante de travail i_a des courants du stator et du rotor, cette composante dans le diagramme a la même direction que le flux.

Le couple a pour expression

$$C = A_2 i_\mu i_{st} \sin p = A_2 i_\mu i_r \sin q; \tag{24}$$

on a dans le triangle des courants

$$\sin p = \frac{i_r}{i_\mu} \sin\alpha = x \frac{i_{st}}{i_\mu} \sin\alpha$$

et l'expression représentant le couple prend la forme

$$C = A_2 x\, i_{st}^2 \sin\alpha = A_2 i_\mu^2 \frac{x \sin\alpha}{1 + x^2 - 2x\cos\alpha}. \tag{25}$$

Si l'on observe maintenant que le champ magnétique est continuellement proportionnel à la tension aux bornes de l'enroulement du stator, on peut poser

$$E_{st} = A_3 n_0 \Phi, \tag{26}$$

en tenant compte de la relation (22), le couple peut être exprimé maintenant comme suit :

$$C = A E_{st}^2 \frac{x \sin\alpha}{1 + x^2 - 2x\cos\alpha}; \tag{27}$$

dans cette expression, la constante A est formée de la réunion de toutes les constantes données précédemment.

Il est avantageux de pouvoir exprimer le couple en fonction de la tension constante d'alimentation, la relation ci-dessus donne le couple en fonction de la tension aux bornes du stator, laquelle est essentiellement variable: pour utiliser dans ce but la tension constante d'alimentation, il est nécessaire de modifier l'expression (27); on peut voir facilement qu'on a

$$E^2 = E_{st}^2 + E_r^2 - 2 E_{st} E_r \cos\alpha,$$

ou, à cause de (19),

$$E^2 = E_{st}^2 (1 + x^2 s^2 - 2xs\cos\alpha), \tag{28}$$

de sorte que l'expression du couple prend la forme

$$C = A E^2 \left[\frac{x \sin\alpha}{(1 + x^2 - 2x\cos\alpha)(1 + x^2 s^2 - 2xs\cos\alpha)}\right]. \tag{29}$$

Si l'on appelle C_0 le couple normal, c'est-à-dire celui qu'on obtient avec un décalage α_0 pour le glissement égal à 0, c'est-à-dire au synchronisme, la constante A disparaît et le couple devient

$$\frac{C}{C_0} = \frac{E^2}{E_0^2} 2 \operatorname{tang} \frac{\alpha_0}{2} \times \frac{x \sin\alpha}{(1 + x^2 - 2x\cos\alpha)(1 + x^2 s^2 - 2xs\cos\alpha)}; \tag{30}$$

le couple est donc connu en fonction du décalage des balais α, du rapport de transformation x et du glissement.

Nous savons déjà que le fonctionnement du moteur triphasé à collecteur a une limite de stabilité pour un certain nombre de tours au-dessous duquel il ne peut travailler, parce qu'à une augmentation de vitesse correspond une augmentation du couple moteur; après cette limite le couple moteur diminue quand la vitesse augmente et le fonctionnement est stable.



Pour obtenir le nombre représentant cette limite de stabilité, il suffit de rechercher le minimum de l'expression

$$1 + x^2 s^2 - 2xs \cos\alpha;$$

à l'aide du procédé ordinaire de la différentiation, on obtient facilement la condition

$$xs = \cos\alpha$$

ou en introduisant la valeur n_s du nombre de tours correspondant au glissement s

(31) $$\frac{n_s}{n_0} = 1 - \frac{\cos\alpha}{x};$$

nous devons faire remarquer que cette limite de stabilité est tout à fait indépendante de la saturation du fer.

Si la caractéristique du moteur est courbe, il sera simplement nécessaire de modifier la constante A_1 de l'équation (23) et d'en faire une variable liant le champ à la force magnétisante; il en résultera que la valeur de A dans l'équation (29) sera également variable, mais cette modification est sans influence sur la valeur du couple en fonction du nombre de tours; cette valeur est simplement déterminée par celle du second membre du dénominateur de l'expression (29). La figure 15 montre que la

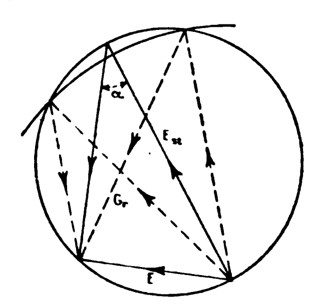


Fig. 15. — Diagramme de stabilité.

limite de stabilité peut être déterminée graphiquement avec la plus grande facilité.

Le maximum du couple moteur est indépendant de la caractéristique à la condition que le champ maximum soit réalisable, ainsi que la tension maximum au stator; cette condition est réalisée lorsque le vecteur E_{st} forme le diamètre du cercle, les traits pleins de la figure 15 représentent ce cas particulier.

On remarquera qu'on a alors

$$\frac{E_r}{E_{st}} = \cos\alpha,$$

car l'angle formé par les vecteurs E et E_r est droit, cette condition est indiquée par l'équation (31) si l'on tient compte de la relation (20).

On voit que le nombre de tours limite qu'on peut atteindre dépend seulement du rapport de transformation et du décalage des balais, la tension du moteur et son couple sont sans influence.

Si l'on a $x = 1$, le moteur se comporte comme nous l'avons vu précédemment, le nombre de spires actives du rotor étant égal au nombre de spires actives du stator. Si l'on choisit x plus petit que l'unité, le nombre d'ampères-tours du rotor est plus petit que celui du stator, la limite de stabilité du moteur peut être amenée à une valeur quelconque.

Les courbes de la figure 16 sont les courbes limites des

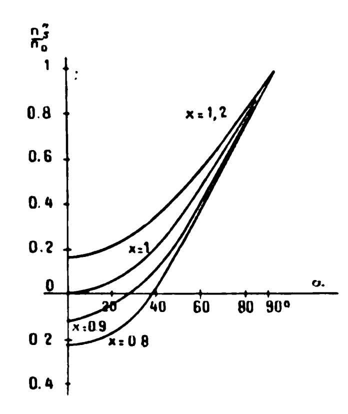


Fig. 16. — Limites de stabilité.

vitesses du moteur pour différentes valeurs du rapport de transformation en fonction du décalage des balais, on voit qu'il est facile de rendre la marche stable quand l'angle de décalage est faible; mais, pour de grands décalages, toutes les courbes se rapprochent et atteignent le synchronisme pour un décalage de 90°.

Si l'on ne dispose que d'un seul rapport de transformation, il est impossible d'obtenir un meilleur résultat, il est nécessaire de pouvoir agir en même temps sur les deux éléments, rapport de transformation et décalage des balais et se rapprocher le plus possible de la condition

(32) $$x = x_0 \cos\alpha.$$

On peut tracer dans la figure 17 les limites de stabilité

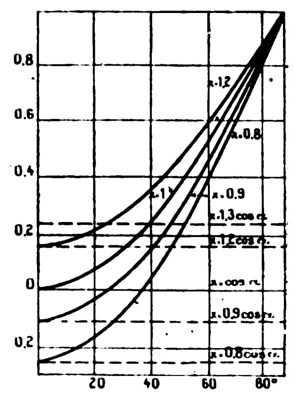


Fig 17. — Limite de stabilité.

pour différentes valeurs de x_0, ces limites ont des valeurs constantes et entièrement indépendantes des conditions de fonctionnement du moteur.

A chacun des rapports de transformation au calage de court circuit x_0 correspond un nombre de tours limite qu'il est possible d'atteindre en fonctionnement normal, ce nombre de tours est obtenu à l'aide de la relation

$$(33) \qquad \frac{n_s}{n_0} = 1 - \frac{1}{x_0};$$

à chaque mode de fonctionnement auquel le moteur est destiné correspond un rapport de transformation donné.

Si le moteur doit être capable de fonctionner avec un nombre de tours très réduit, on doit avoir au maximum $x_0 = 1$, de sorte que le rapport de transformation soit continuellement égal au cosinus de l'angle des balais.

L'expression donnant le couple moteur se simplifie beaucoup dans le cas de la stabilité parfaite; on a alors, en effet,

$$x = \cos\alpha$$

et, par suite,

$$(34) \qquad \frac{C}{C_0} = \frac{E^2}{E_0^2} \frac{2 \tang \frac{\alpha}{2}}{\tang [\alpha - s(2 - s)\cos^2\alpha]},$$

les courbes de la figure 18 comparées à celles du moteur non stabilisé montrent la grande amélioration obtenue au point de vue de la stabilité.

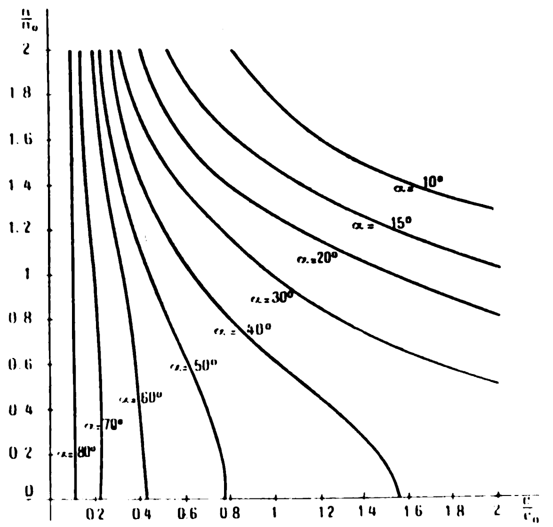


Fig. 18. — Caractéristiques du moteur stabilisé.

Si dans l'expression (34) on fait $s = 1$, c'est-à-dire si l'on examine le fonctionnement du moteur lors du démarrage, il vient, pour le cas où la tension d'alimentation est constante,

$$(35\,a) \qquad \frac{C_\alpha}{C_0} = 2 \tang \frac{\alpha_0}{2} \frac{\cos\alpha}{\sin^3\alpha};$$

dans le cas du moteur normal, non stabilisé, on a

$$(35\,b) \qquad \frac{C_d}{C_0} = \frac{1}{4} \tang \frac{\alpha_0}{2} \frac{\cos\frac{\alpha}{2}}{\sin^3\frac{\alpha}{2}},$$

la figure 19 montre l'allure des deux courbes représentant les relations ci-dessus en supposant un même angle $\alpha_0 = 30°$.

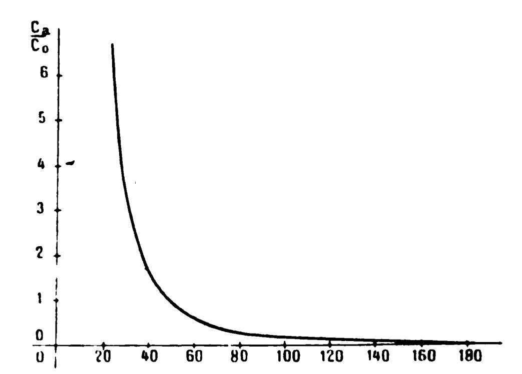


Fig. 19. — Couple de démarrage du moteur ordinaire et du moteur stabilisé.

Lorsque le décalage ne dépasse pas 60°, c'est-à-dire dans les conditions de fonctionnement qui se présentent généralement, les courbes se distinguent à peine.

La modification du rapport de transformation peut être effectuée en agissant sur les nombres de spires primaire et secondaire du transformateur; il est encore plus simple de placer sur le collecteur deux séries de balais par phase, l'une des séries étant mobile par rapport à l'autre, le courant de chacune des phases entre ainsi par l'une de ces séries de balais et sort par l'autre.

La courbe de potentiel du collecteur triphasé est un cercle, on peut donc modifier à volonté en grandeur et en phase la tension entre deux balais; la figure 20 montre

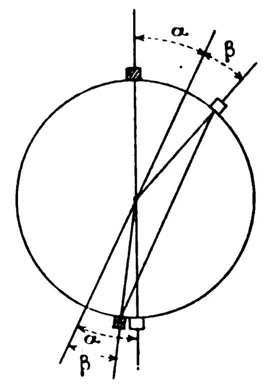


Fig. 20. — Diagramme du potentiel au collecteur.

que cette tension est proportionnelle à la corde de l'arc compris entre les balais.

Le nombre de spires actives N_r du rotor, qui est proportionnel au rapport de transformation, est nul si les deux balais sont au même point du collecteur, il est maximum si les balais sont disposés diamétralement.

Le rapport de transformation est donné d'une manière générale par la relation

$$(36) \qquad x = x_0 \cos\beta,$$

dans laquelle x_0 représente la valeur maximum obtenue si les deux balais sont disposés diamétralement, β étant l'angle compris entre le diamètre et la corde ainsi que la figure 20 le montre.

La courbe donne directement la phase de la tension aux balais, l'angle compris entre la position de court circuit (balais noirs sur la figure) et le diamètre parallèle à la corde est égal à l'angle α du décalage des balais.

La figure 21 représente schématiquement un tel moteur; pour que les trois circuits dont les potentiels alternatifs sont différents ne soient pas troublés par des courants de circulation, il est indispensable qu'ils ne soient reliés par aucun conducteur.

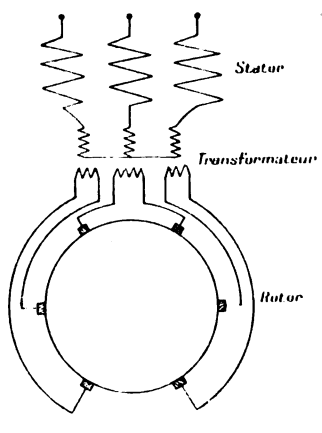


Fig. 21.

La position de court circuit est très facile à déterminer sur un moteur exécuté en recherchant le minimum de champ pour les balais disposés diamétralement.

Si l'on compare la relation (36) donnant le rapport de transformation du moteur à double ligne de balais avec la condition (32) qui donne la condition limite de stabilité constante, on reconnaît que cette condition est satisfaite par $\alpha = \beta$; comme, d'après la figure 20, le véritable décalage mécanique des balais est $\alpha + \beta$ et $\alpha - \beta$, on doit donc maintenir un balai de chaque phase à la position de court circuit et régler seulement la position du second balai.

On voit que, à l'aide d'un mécanisme très simple, on obtient le réglage de la vitesse du moteur avec une limite constante de stabilité, limite qu'il est également possible de choisir très basse.

Il est également possible d'obtenir avec ce genre de moteur toute autre forme de la limite de stabilité que l'on désire; quand le rapport de transformation est plus petit que l'unité, nous avons vu que le facteur de puissance était faible; il peut donc être avantageux de ne pas maintenir égaux entre eux les angles α et β, ces angles déterminent en effet le rapport de transformation et le véritable décalage à partir de la position de court circuit.

On peut arranger les choses de telle manière que dans la zone principale de travail normal, pour les grandes vitesses, par exemple, c'est-à-dire pour α variant de 0° à 40°, la compensation de phase soit bonne, c'est-à-dire que, dans cette zone, on ait x plus grand que l'unité comme nous l'avons vu précédemment.

D'un autre côté, par les décalages compris entre 40° et 90°, c'est-à-dire pour les petites vitesses, il est impossible d'obtenir une compensation de phase satisfaisante; il est donc préférable de chercher à réaliser une stabilité satisfaisante en utilisant un petit rapport de transformation; des dispositions mécaniques simples permettent d'obtenir ces résultats.

Nous examinerons maintenant comment varie le facteur de puissance pour différentes conditions de fonctionnement et pour des rapports de transformation différents de l'unité, cas pour lequel la compensation est parfaite.

Les figures 22 et 23 représentent les diagrammes des courants et des tensions aux bornes du rotor et du stator, d'un moteur triphasé série à collecteur; si nous décomposons le courant du stator i_{st} en ses deux composantes le courant watté i_a et le courant déwatté i'_μ, on voit qu'il existe entre i_a et i_{st} un décalage mesuré par l'angle φ_0.

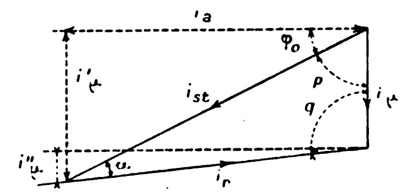


Fig. 22. — Diagramme des courants.

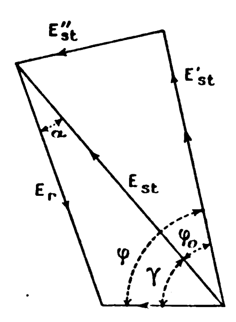


Fig. 23. — Diagramme des tensions dans le temps.

Le même angle φ_0 existe naturellement entre la composante wattée de la tension du stator E'_{st} et la tension E_{st} aux bornes du stator. Le courant I est de même phase que la tension E'_{st}, il forme par suite un angle φ_0 avec la tension E_{st} aux bornes du stator, laquelle est déjà décalée d'un angle γ par rapport à la tension du réseau.

Le facteur de puissance du moteur est donc

$$\cos\varphi = \cos(\gamma + \varphi_0) = \cos\gamma\cos\varphi_0 - \sin\gamma\sin\varphi_0,$$

les angles γ et φ_0 étant mesurés sur les diagrammes.

En tenant compte des équations (21) et (22), on a

$$(37a)\qquad \cos\varphi_0 = \sin p = \frac{x\sin\alpha}{\sqrt{1 + x^2 - 2x\cos\alpha}},$$

et

$$(38a) \qquad \sin\varphi_0 = \cos p = \frac{1 - x\cos\alpha}{\sqrt{1 + x^2 - 2x\cos\alpha}},$$

$\cos\varphi_0$ est le facteur de puissance du stator, au synchronisme, c'est également le facteur de puissance du moteur, car dans ce cas l'angle γ est nul.

En tenant compte de (19) et de (28) il vient maintenant

$$(39) \qquad \begin{cases} \sin\gamma = \dfrac{xs\sin\alpha}{\sqrt{1 + x^2s^2 - 2xs\cos\alpha}}, \\ \text{et} \\ \cos\gamma = \dfrac{1 - xs\cos\alpha}{\sqrt{1 + x^2s^2 - 2xs\cos\alpha}}; \end{cases}$$

en introduisant ces valeurs dans l'expression de $\cos\varphi$, il vient

$$\cos\varphi = \frac{1 - xs\sin\alpha}{\sqrt{(1 + x^2 - 2x\cos\alpha)(1 + x^2s^2 - 2xs\cos\alpha)}}$$

ou après quelques transformations

$$(40) \quad \cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{1 + x^2s - x(1+s)\cos\alpha}{x(1-s)\sin\alpha}\right)^2}},$$

le facteur de puissance du moteur triphasé série à collecteur est ainsi déterminé par le glissement, l'angle de décalage et le rapport de transformation.

Le couple développé par le moteur n'influe sur le facteur de puissance que parce qu'il est lui-même déterminé par une au moins de ces variables.

Le calcul du facteur de puissance est fait simplement à l'aide des diagrammes de courants et de tensions sans tenir compte de la loi qui lie le champ au courant magnétisant, il en résulte que, pour des valeurs données de α, x, et s, la valeur du facteur de puissance est indépendante de la saturation du fer.

Pour $x = 1$, la formule (40) devient

$$(41) \qquad \cos\varphi = \frac{(1 - s)\cos\dfrac{\alpha}{2}}{\sqrt{1 + s^2 - 2s\cos\alpha}};$$

pour une compensation parfaite, on a $x = \cos\alpha$ et l'on obtient alors

$$(42) \qquad \cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{\tang\alpha}{1 - s}\right)^2}};$$

cette valeur est continuellement plus petite que celle correspondant au moteur non stabilisé, on peut facilement vérifier cette remarque, pour le cas de la marche au synchronisme; on a, en effet, dans ce cas pour un rapport de transformation égal à l'unité,

$$\cos\varphi_0 = \cos\frac{\alpha}{2},$$

alors qu'on a

$$\cos\varphi_0 = \cos\alpha$$

pour le moteur à stabilité parfaite.

En se reportant à la figure 22 on voit que, pour obtenir cette dernière valeur, il est nécessaire que le diagramme des courants soit un triangle rectangle, le courant magnétisant est fourni entièrement par le stator, alors que pour le moteur ordinaire, à rapport de transformation égal à l'unité, ce courant est fourni par le stator et par le rotor, chacun pour une moitié.

La condition de stabilité parfaite de marche du moteur est donc défavorable au point de vue du facteur de puissance et il n'est plus possible de réaliser une compensation parfaite.

Pour la marche pratique, il convient donc de sacrifier la stabilité, ce qui n'a aucun inconvénient pour les grandes vitesses et d'employer, par suite, un grand rapport de transformation permettant une compensation parfaite; pour la marche à petite vitesse, avec grand décalage des balais, au contraire, employer un petit rapport de transformation avantageux au point de vue de la stabilité, le facteur de puissance étant toujours mauvais à ce régime.

L'équation (42) permet de calculer les valeurs de x, s et α qui permettent de réaliser un facteur de puissance égal à l'unité, la figure 24 donne ces valeurs sous forme de courbes; la condition à réaliser pour obtenir un facteur de puissance égal à l'unité en partant de l'équation (40) est

$$(43) \qquad 1 + x^2s = x(1+s)\cos\alpha$$

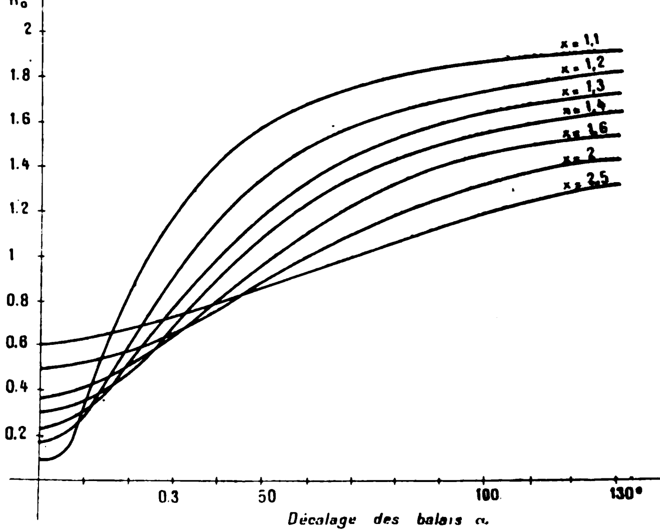


Fig. 24. — Rapport de transformation pour la compensation en fonction du nombre de tours et du décalage des balais.

et, par suite,

$$(44) \qquad s = 1 - \frac{n_k}{n_0} = \frac{\cos\alpha - \dfrac{1}{x}}{x - \cos\alpha},$$

les courbes montrent que, pour les petites vitesses, la condition de fonctionnement avec $\cos \varphi = 1$ nécessite l'emploi de très grands rapports de transformation, surtout pour les grandes valeurs du décalage des balais.

Il est, par conséquent, avantageux de faire travailler normalement le moteur avec un décalage des balais relativement petit.

La condition (43), qui doit être satisfaite pour une compensation parfaite du moteur, peut encore être représentée graphiquement d'une autre manière qui aura l'avantage d'éclairer davantage notre étude [1].

Nous avons parlé jusqu'à maintenant du rapport de transformation (18) simplement au point de vue de sa grandeur; nous introduirons maintenant la phase de ce rapport, c'est-à-dire la différence de phase dans l'espace entre le système des ampères-tours du stator et celui des ampères-tours du rotor.

Dans le cas du moteur à collecteur, la phase du rapport de transformation est comparable au décalage α des balais, car celui-ci donne également la différence de phase entre les ampères-tours stator et rotor.

L'équation (43) peut s'écrire

$$x^2 - x\frac{1+s}{s}\cos\alpha + \frac{1}{s} = 0;$$

si l'on ajoute aux deux membres le terme $\left(\frac{1-s}{2s}\right)^2$, la relation ci-dessus prend la forme

$$(45)\quad x^2 - 2x\left(\frac{1+s}{2s}\right)\cos\alpha + \left(\frac{1+s}{2s}\right)^2 = \left(\frac{1-s}{2s}\right)^2,$$

équation d'un cercle en coordonnées polaires en fonction de x et de α; le rayon du cercle est

$$(46\,a)\qquad R = \frac{1-s}{2s},$$

et la distance au centre est

$$(46\,b)\qquad M = \frac{1+s}{2s};$$

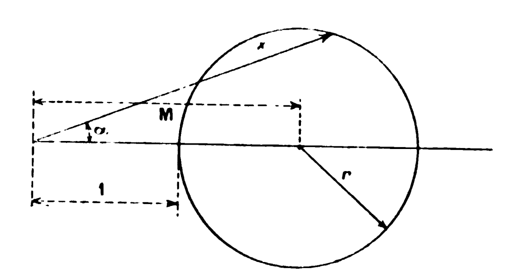


Fig. 25. — Diagramme du rapport de transformation.

la figure 25 représente le cercle dans le système de coordonnées polaires indiqué plus haut.

Le lieu géométrique du vecteur du rapport de transformation est donc un cercle dont le diamètre et la position dépendent du glissement du moteur.

On a encore

$$M - R = \frac{1+s-1+s}{2s} = 1;$$

ce point est indépendant du glissement, tous les cercles représentant le rapport de transformation ont un point commun pour

$$x = 1 \qquad \text{et} \qquad \alpha = 0;$$

en outre, tous les centres des cercles sont situés sur une droite, leur représentation est donc facile; la figure 26 montre l'ensemble des cercles pour un certain nombre de vitesses.

Pour un nombre de tours quelconque, si la compensation parfaite doit être réalisée, la phase du rapport de transformation doit être choisie de telle manière que l'extrémité du vecteur représentant ce rapport de transformation soit située en un point quelconque sur le cercle

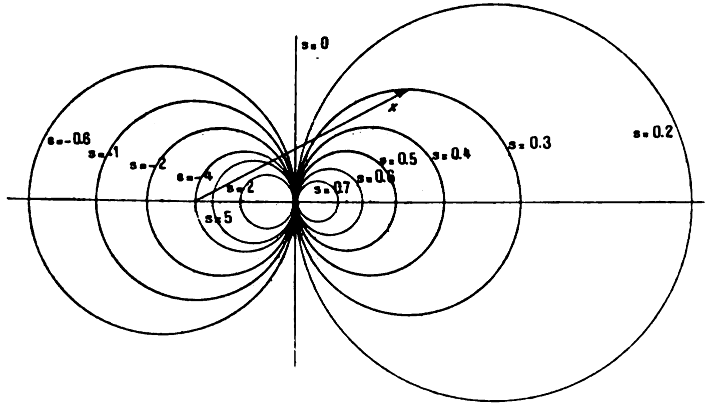


Fig. 26. — Rapport de transformation du moteur compensé.

appartenant à ce nombre de tours, la position du vecteur sur le cercle est indifférente au point de vue de la compensation, par contre elle influe sur la valeur du couple que fournit le moteur à ce nombre de tours déterminé, l'équation (30) permet de calculer ce couple.

On pourrait encore tracer dans ce système de coordonnées des courbes pour un certain nombre de valeurs du couple; elles sont assez compliquées et n'enseignent rien de nouveau.

Le moteur à collecteur peut encore fonctionner comme générateur, par exemple pour récupérer l'énergie à la descente d'une charge ou tout au moins pour freiner cette descente; dans ce dernier cas, le moteur débite sur un système de résistances sans self-induction; il est donc nécessaire qu'il s'excite lui-même.

Cette condition d'auto-excitation est réalisée par le moteur parfaitement compensé, car dans ce cas le réseau ne lui fournit aucun courant magnétisant, il le produit lui-même et, par suite, il peut encore l'engendrer s'il est séparé du réseau et il peut donc travailler en génératrice après inversion de son sens de rotation ou de son sens de courant.

[1] Rudenberg, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 9 mars 1911.

Au réseau qui fournissait les courants wattés, il est maintenant nécessaire de substituer un circuit de résistance convenable capable d'absorber la puissance disponible aux bornes de la génératrice.

La condition pour l'auto-excitation de la machine est donc donnée par l'équation (43), les valeurs α et x ont la même signification que précédemment, la notion du glissement

$$s = 1 - \frac{n}{n_0} \tag{47}$$

a cependant besoin d'être complétée.

L'équation (44) et la figure 26 représentant la condition de compensation parfaite montrent que, pour une valeur donnée du rapport de transformation et de sa phase, le moteur fonctionne avec un glissement bien déterminé, c'est-à-dire qu'il existe, suivant l'équation (29), un rapport bien déterminé entre le nombre de tours que fait le moteur et la fréquence des courants triphasés qu'il débite, le générateur auto-excitateur fonctionnera exactement de la même manière que le moteur compensé; par conséquent, pour un même rapport de transformation, le rapport entre le nombre de tours et la fréquence est le même dans les deux cas.

Si le générateur est actionné à vitesse constante par un moteur extérieur, il peut produire des courants triphasés de fréquence variable à volonté par simple modification du rapport de transformation.

Désignons par ω la fréquence propre du générateur et par ω_0 la fréquence correspondante au nombre de tours auquel tourne la machine, cette fréquence pourra être appelée *fréquence synchrone*, car c'est celle qui existerait si le champ tournait à la même vitesse que le rotor, on a alors

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \frac{n_0}{n} \tag{48}$$

comme relation entre les fréquences définies ci-dessus et le nombre de tours du générateur.

Désignons maintenant par σ le glissement du moteur, on a

$$\sigma = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} = 1 - \frac{\omega}{\omega_0}, \tag{49}$$

et en comparant ce glissement de *fréquence* ou glissement en nombre de tours

$$\sigma = \frac{s}{s-1}, \qquad s = \frac{\sigma - 1}{\sigma}.$$

Le diagramme pour le rapport de transformation avec auto-excitation est évidemment de la même forme que pour le cas du fonctionnement en moteur, il est donné de nouveau (*fig.* 26*a*), on a alors

$$R = \frac{1}{2\sigma} = \frac{1}{2\left(1 - \frac{\omega}{\omega_0}\right)}, \tag{50}$$

on voit sur cette figure que, à toute valeur et phase du vecteur représentant le rapport de transformation, correspond une fréquence propre parfaitement déterminée pour le générateur.

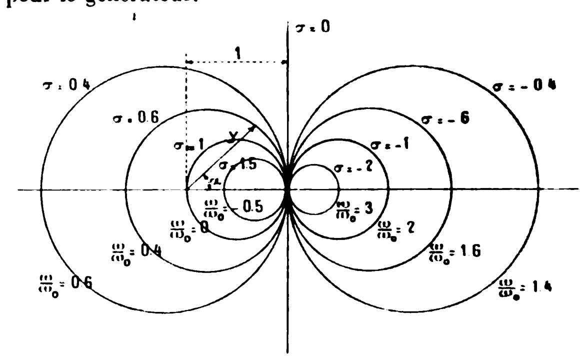


Fig. 26 *a*. — Diagramme du rapport de transformation pour le générateur auto-excitateur.

En rapprochant les relations (44) et (48), on aura

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \frac{x^2 - x\cos\alpha}{1 + x^2 - 2x\cos\alpha}, \tag{51}$$

si l'on réalise le rapport de transformation égal à l'unité, et que le décalage des balais soit varié d'une façon quelconque, l'extrémité du vecteur se déplace sur un cercle concentrique au point nul, ce cercle est celui correspondant à $\sigma = 0{,}5$; il en résulte que, quel que soit le décalage des balais, le générateur fournit des courants de fréquence correspondant à la moitié du nombre de tours de la machine, la formule (51) donne le même résultat.

Le générateur donne des courants de fréquence synchrone si l'extrémité du vecteur se déplace sur la droite verticale; on a alors $\omega = \omega_0$ et, par suite,

$$\cos\alpha = \frac{1}{x} = \frac{i_{st}}{i_r} \tag{52}$$

et

$$\omega = \omega_0,$$

ce qu'on reconnaît en introduisant dans l'expression (51) la valeur de $\cos\alpha$ trouvée ci-dessus.

Le diagramme des courants de la machine, déterminé par la grandeur et la phase du rapport de transformation, est représenté par la figure 27; le courant magnétisant est fourni entièrement par le rotor, l'autre composante du courant du rotor compense complètement le courant du stator, la machine fonctionne alors comme une génératrice synchrone parfaite, la réaction d'induit de cette machine étant complètement et exactement compensée.

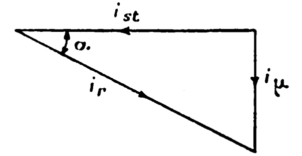


Fig. 27. — Ampères-tours, fréquence synchrone.

La machine produit du courant continu si le vecteur

représentant le rapport de transformation est situé sur le cercle qui passe par le point nul; si l'on fait $\omega = 0$, la condition que la relation (51) soit satisfaite fournit le rapport

$$(53) \qquad \cos\alpha = x = \frac{i_r}{i_{st}},$$

et le diagramme (*fig.* 28) prend une nouvelle forme.

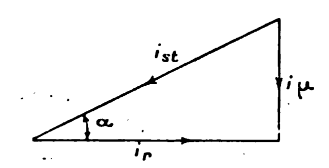


Fig. 28. — Ampères-tours pour courant continu.

Dans le cas où cette condition est remplie, le stator fournit le courant magnétisant et compense en outre le rotor; le fonctionnement est identique à celui d'une machine à courant continu compensée du type Deri.

La distribution des courants entre les trois conducteurs extérieurs dépend des conditions initiales.

Si l'extrémité du vecteur du rapport de transformation sort du cercle correspondant à $\sigma = 1$, le sens de rotation du champ tournant est inversé.

La condition (53) nécessaire pour réaliser l'excitation par des courants continus offre un intérêt spécial si le moteur à collecteur est couplé en cascade avec un moteur asynchrone ordinaire, ce dernier peut atteindre la vitesse de synchronisme si le moteur à collecteur fournit du courant continu.

Si l'on désire freiner un moteur triphasé série, par exemple dans le cas d'un appareil de levage, le moteur tournant en sens inverse est fermé sur des résistances ou même mis en court circuit, la machine s'excite et fonctionne alors avec sa fréquence particulière.

Nous savons, par les réflexions qui ont précédé, que le rapport de transformation ne peut jamais être fait beaucoup plus grand que l'unité et jamais beaucoup plus petit que $\cos\alpha$; il en résulte que la fréquence propre ne peut guère varier qu'entre zéro et la demi-fréquence synchrone, par exemple le moteur à stabilité parfaite fournit du courant continu quand il fonctionne au freinage.

Il n'est pas toujours nécessaire de séparer le moteur du réseau pour le faire travailler au freinage, il suffit d'augmenter α jusqu'à ce que le couple moteur devienne plus petit que le couple résistant qui devient moteur et entraîne le rotor en sens contraire; l'angle des balais est alors celui qui convient pour l'auto-excitation et le moteur fonctionne comme frein, les courants engendrés se ferment sur le réseau qui agit alors comme une résistance très faible pour les courants de basse fréquence que fournit le générateur à collecteur.

Nous rappelons que nous avons négligé dans cette étude l'influence des pertes par effet Joule et des pertes dans le fer, ainsi que l'effet de la dispersion et des courants sous balais, les résultats sont seulement approximatifs; nous montrerons dans un prochain article l'influence de la dispersion.

E. BOULARDET.

COMMANDE ÉLECTRIQUE DES LAMINOIRS.

Réglage économique de la vitesse des moteurs électriques actionnant des laminoirs [1].

Dans les laminoirs où l'on a installé la commande électrique, c'est le moteur asynchrone qui a été adopté presque exclusivement. Mais ce moteur est normalement une machine à vitesse constante, tandis que, pour les laminoirs à fers marchands, on doit pouvoir faire varier la vitesse. Les laminoirs de puissance secondaire exigent généralement un grand nombre de vitesses et c'est pour les moteurs d'environ 300 à 1000 chevaux qu'on rencontre la principale difficulté.

Les commandes à vitesse réglable dont il est question ici s'appliquent aux laminoirs qui doivent marcher à un certain nombre de vitesses bien définies et dans lesquels ces vitesses doivent rester pratiquement constantes indépendamment de la variation de charge.

RÉGLAGE PAR RHÉOSTAT. — C'est la méthode la plus simple; on insère une résistance dans le circuit du rotor, et l'on peut obtenir ainsi n'importe quelle vitesse pour une certaine charge, avec une perte de rendement dépendant de la charge et de la réduction de vitesse. Avec le réglage par simple rhéostat, on est limité par la variation de vitesse qui accompagne la variation de charge, puisqu'aux faibles charges l'allure du moteur s'élèvera jusqu'aux environs du maximum, quelle que soit la vitesse correspondant à la pleine charge. Quand la régulation exigée ne dépasse pas 10 ou 15 pour 100 de la vitesse de synchronisme, le réglage par rhéostat est non seulement la méthode la plus simple et la plus satisfaisante, mais aussi probablement la plus économique dans le cas d'un laminoir. Dans les laminoirs qui exigent la variabilité de la vitesse, la charge est d'ordinaire assez constante, parce qu'il y a souvent plusieurs lingots traversant en même temps le laminoir et que l'intervalle entre les passes est d'ordinaire très court, de sorte que les variations réelles de la vitesse ne sont pas aussi grandes qu'on pourrait le croire d'après les caractéristiques du moteur, surtout si l'inertie des parties en rotation est appréciable. Cette inertie n'a pas seulement pour effet d'abaisser les pointes de la charge du moteur, mais aussi de ralentir l'accélération du moteur après la réduction de la charge.

Sans variation automatique de la résistance, un réglage de vitesse de 15 pour 100 est à peu près tout ce qu'on peut obtenir dans les conditions de fonctionnement usuelles. Si la résistance se règle automatiquement de façon à varier inversement à la charge, on peut obtenir un réglage de vitesse allant jusqu'à 30 pour 100, pourvu que la charge correspondant aux frottements du laminoir ne soit pas inférieure à 20 pour 100 environ de la pleine charge du moteur et pourvu que l'inertie du laminoir suffise à compenser le retard du régulateur. Au delà de ces limites, il est peu pratique d'employer un rhéostat pour faire varier la vitesse.

[1] W. MEYER et W. SYKES, Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 8 novembre 1912 (*Proceedings of the A. I. E. E.*, t. XXXI, décembre 1912, p. 2175-2203).

On peut aussi obtenir le réglage de la vitesse en transformant, par une commutatrice, le courant alternatif en continu et en employant un moteur à vitesse variable. Mais l'étude économique de la question montre qu'on ne réalise pas ainsi d'économie de fonctionnement, tandis qu'on augmente de 100 pour 100 les frais de premier établissement.

MOTEURS A VITESSES MULTIPLES. — En pratique, on ne peut obtenir avec ces machines que quatre vitesses au maximum et encore au prix d'une grande complication de manœuvre, surtout si le moteur a un rotor bobiné. Deux des vitesses peuvent être sans rapport défini entre elles, mais les deux autres doivent être la moitié de chacune des deux premières. Ce système exige deux enroulements au stator, et, si le rotor est bobiné, deux enroulements au rotor, les bobines de chaque enroulement pouvant être reliées de façon à donner un nombre double de pôles pour la demi-vitesse. Un tel moteur doit avoir au moins neuf bagues et douze prises sur le stator.

Pour les laminoirs, on a employé jusqu'ici, dans la plupart des cas, des moteurs à deux vitesses seulement, les vitesses intermédiaires étant obtenues par rhéostat. Dans le type le plus simple, le rapport des vitesses est de 2 à 1, il n'y a qu'un enroulement avec deux modes de connexion, ce qui exige six prises au stator et autant au rotor. Un autre type a deux enroulements absolument indépendants l'un de l'autre, avec le même nombre de prises que le précédent. Dans ce dernier moteur la manœuvre est très simple, puisqu'on n'a qu'à passer d'un enroulement à l'autre au moyen d'un interrupteur à deux directions.

Avec un dispositif donnant deux vitesses de synchronisme dont l'une est à peu près 70 pour 100 de l'autre, on peut obtenir par rhéostat une variation de vitesse d'environ 2 à 1, avec autant de vitesses intermédiaires qu'on en désire. Dans beaucoup de cas où un réglage assez précis est nécessaire, comme par exemple quand on fait fonctionner deux laminoirs en tandem, ce système est le meilleur et le plus économique.

Dans ces systèmes permettant de réaliser plusieurs vitesses de synchronisme, le montage et la manœuvre des commandes sont fort compliqués et donnent lieu à des ennuis. Les manœuvres d'interrupteurs doivent être faites dans un certain ordre, quand on passe d'une vitesse à une autre, pour éviter les courts circuits; aussi est-il presque indispensable d'adopter une commande automatique, ce qui rend le montage extrêmement compliqué si l'on veut avoir plus de deux vitesses.

Le rendement et le facteur de puissance d'un moteur à vitesses multiples ne sont pas très inférieurs à ceux d'un moteur à vitesse unique.

MOTEURS EN CASCADE. — On peut, avec des moteurs montés en cascade, obtenir n'importe quel nombre de vitesses. Mais ce système a contre lui son prix élevé d'installation, la complication du matériel de manœuvre, son rendement médiocre et son mauvais facteur de puissance. En Amérique, on préfère le moteur à vitesses multiples.

MOTEURS ASYNCHRONES ASSOCIÉS A DES MOTEURS TRIPHASÉS A COLLECTEUR. — Au lieu de dissiper dans un rhéostat l'énergie développée par le glissement dans le rotor, on peut faire absorber cette énergie par une machine auxiliaire qui, à son tour, fournit de la puissance; on obtient ainsi économiquement le réglage de la vitesse au-dessous du synchronisme. Si l'on fournit de l'énergie au circuit du rotor au moyen d'une machine auxiliaire, on peut obtenir le réglage au-dessus du synchronisme. Quoique très recommandables, ces systèmes sont beaucoup moins employés aux États-Unis qu'en Europe; ils sont en effet trop délicats pour la classe inférieure de main-d'œuvre qu'on emploie dans les usines métallurgiques américaines.

Un caractère du moteur régulateur triphasé à collecteur est qu'il permet, par une disposition convenable, de compenser le facteur de puissance du moteur principal.

Dans un des premiers systèmes imaginés, le moteur à collecteur est accouplé directement à l'arbre d'un moteur asynchrone. La figure 1 en donne le schéma. Le moteur

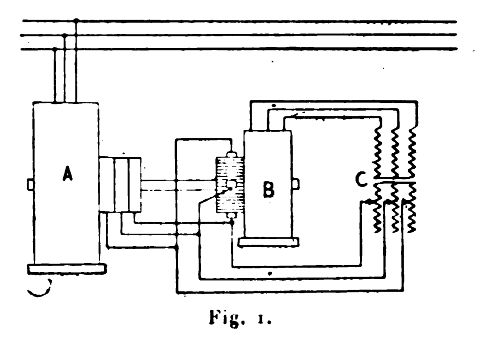


Fig. 1.

asynchrone A est établi pour la puissance totale à fournir. Quand il marche à pleine vitesse, le moteur auxiliaire B n'est pas chargé et peut être découplé. Pour obtenir une réduction de vitesse, on règle le transformateur d'excitation C de telle sorte que le moteur B développe une force contre-électromotrice qui donne lieu à un accroissement de la tension rotorique et par conséquent à une baisse de vitesse. Ainsi l'énergie fournie par le rotor, au lieu d'être dissipée dans un rhéostat, est absorbée par le moteur auxiliaire qui prend une partie de la charge. La puissance du moteur auxiliaire est déterminée par le taux pour 100 du réglage de vitesse; si par exemple on veut pouvoir diminuer la vitesse de 30 pour 100, la puissance du moteur auxiliaire doit être 30 pour 100 de celle du moteur asynchrone.

L'avantage de ce système est qu'à mesure qu'on réduit la vitesse du groupe, on accroît le couple disponible pour un même courant d'alimentation, puisque le travail fourni par le moteur à collecteur croît proportionnellement au ralentissement. L'inconvénient est que le moteur à collecteur doit être établi pour la même vitesse que le moteur principal, c'est-à-dire pour une vitesse relativement faible, ce qui complique la construction. D'autre part, dans le cas des moteurs asynchrones à grande vitesse actionnant des turbo-compresseurs, des machines soufflantes, etc., il est impossible d'établir le moteur à collecteur pour la même vitesse que le moteur principal; il faut alors avoir recours à des engrenages.

Le système de la figure 2 est avantageux sous ce rap-



port, Le moteur à collecteur B n'est pas accouplé mécaniquement au moteur principal A, mais à une machine d'induction D qui est reliée à la ligne. Les machines auxiliaires peuvent ainsi être établies pour la vitesse la plus

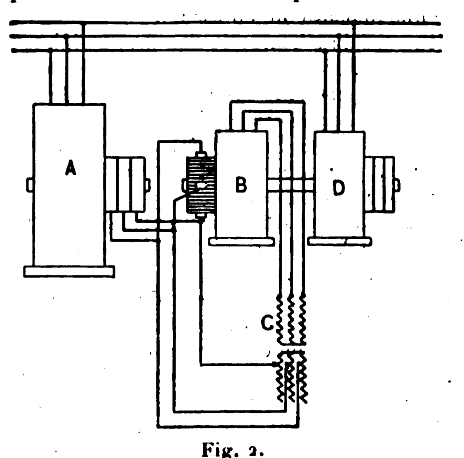


Fig. 2.

convenable, au point de vue de la construction. L'énergie développée dans le rotor est transmise, non à l'arbre du moteur principal, mais aux machines auxiliaires qui la restituent à la ligne, de sorte que cette disposition convient mieux aux cas où l'on a besoin d'un couple constant.

La figure 3 est le schéma d'un système qui a été assez

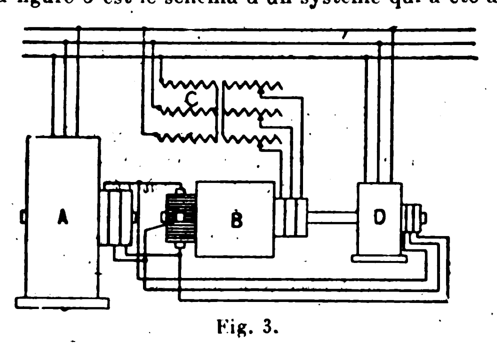


Fig. 3.

employé en Europe. La seconde machine auxiliaire D est un petit moteur qui actionne le transformateur de fréquence B et qui n'a à surmonter que les pertes mécaniques. La machine à collecteur B comporte un rotor bobiné qui a d'un côté un collecteur et de l'autre des bagues. Sur le stator il n'y a qu'un enroulement auxiliaire pour améliorer la commutation de la machine. Cette machine ne peut développer aucun couple et il est par suite nécessaire d'employer le petit moteur D pour la faire tourner en synchronisme avec le moteur principal. Le transformateur régulateur C doit ici être établi pour la totalité de l'énergie du rotor, qui retourne à la ligne en traversant le transformateur de fréquence et le transformateur statique.

Le transformateur de fréquence doit, comme on vient de le dire, marcher en synchronisme avec le moteur principal et ces deux machines devraient donc tourner à la même vitesse si elles avaient le même nombre de pôles, mais ce n'est pas le cas en général. Les connexions rotoriques entre le moteur principal A et le moteur auxiliaire D assurent le synchronisme de ces machines; les petites différences de vitesse produisent un échange d'énergie synchronisante, comme dans les machines synchrones. Le facteur de puissance de cet ensemble est assez bon, mais il n'est pas possible d'en obtenir la régulation. Ce système a un avantage sur le précédent : il permet de fournir de l'énergie au circuit du rotor, de façon à dépasser la vitesse de synchronisme. Avec les dispositifs précédents, il est très difficile d'accélérer le moteur principal au delà du synchronisme.

Le système très simple qu'indique la figure 4 convient

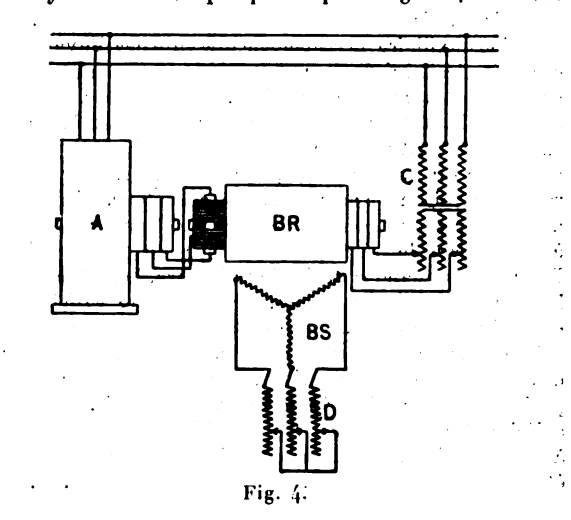


Fig. 4.

particulièrement aux laminoirs et à l'exploitation des mines. Il n'y a qu'une seule machine auxiliaire : le transformateur de fréquence B, dont le stator comporte un enroulement triphasé destiné à un courant relativement faible et relié à une petite résistance de réglage; il lui est adjoint un enroulement auxiliaire destiné à améliorer la commutation. Comme, outre la résistance de réglage, il y a aussi le transformateur régulateur C, il est possible d'ajuster indépendamment l'un de l'autre le facteur de puissance et la vitesse. Le fonctionnement est le suivant : supposons qu'on fasse démarrer le moteur A comme un moteur asynchrone ordinaire, avec une résistance dans le rotor, la connexion avec le transformateur de fréquence étant coupée. D'autre part, on peut faire démarrer le transformateur de fréquence de la manière suivante : on applique à son rotor, au moyen du transformateur C, une tension correspondant à celle qu'on veut obtenir dans le rotor du moteur principal; au moyen de la résistance D, on ajoute la résistance du stator BS du transformateur de fréquence jusqu'à ce que cette machine marche en synchronisme avec le moteur principal A. Les deux machines devront donc marcher à la même vitesse, si elles ont le même nombre de pôles, mais en général ce n'est pas le cas. Si, par exemple, la tension au repos dans le rotor du moteur principal est 200 volts, et si l'on veut régler la vitesse à la moitié de sa valeur normale, la tension sera de 100 volts dans le rotor et devra avoir la même valeur sur le collecteur et les bagues du transformateur de fréquence.

Si le rapport entre les enroulements primaire et secondaire de cette machine est 1:1, il faudra régler à 50 volts la tension aux bornes du stator. La fréquence est la même dans le rotor du moteur asynchrone et dans le collecteur et le stator du transformateur de fréquence. Au moyen de lampes de phase, on établit la synchronisation entre le collecteur du transformateur de fréquence et les bagues du moteur principal; si alors on débranche le rhéostat de démarrage, l'énergie du rotor, par l'intermédiaire du transformateur de fréquence et du transformateur de réglage, retournera à la ligne.

MOTEURS TRIPHASÉS A COLLECTEUR. — Lorsqu'on veut pouvoir réduire la vitesse à une valeur très faible, une machine auxiliaire de réglage ne présente pas d'avantages, car il faudrait lui donner une puissance à peu près aussi grande qu'au moteur principal. Dans ce cas, on peut employer le moteur à collecteur pour la commande directe, excepté s'il faut pouvoir faire croître la vitesse beaucoup au-dessus du synchronisme, car alors il peut être préférable, en raison de la vitesse du collecteur, d'employer un moteur asynchrone et de faire fonctionner le moteur à collecteur de réglage au-dessous du synchronisme. Pour les commandes de faible puissance, le moteur à collecteur employé directement donne toute satisfaction, et il n'y a pas de difficulté de construction particulière, même pour les grandes puissances, si l'on a soin d'assurer des champs de commutation efficaces et d'éviter les dispositifs tels que le déplacement des balais. Dans les aciéries des États-Unis, les conditions sont favorables à ces machines, la fréquence adoptée presque partout étant celle de 25 périodes. P. L.

APPLICATIONS AGRICOLES.

Essais de batteuses faits à la ferme de M. Achille Leroy, à Manœuvres (1).

M. Achille Leroy a eu la complaisance de mettre à notre disposition, pour faire ces essais, l'installation agricole qu'il exploite à Manœuvres, par Acy-en-Multien. Nous avons trouvé là un matériel de batteuses, muni de tous les perfectionnements et de tous les nettoyages.

Nous avons placé un moteur de 10 chevaux pour attaquer la batteuse.

Cette dernière est construite pour battre normalement 140 bottes à l'heure.

Nous avons constaté que cette batteuse absorbait à vide 4,2 kw et en charge 5 à 6 kw.

Nous avons fait deux essais différents : l'un en marche forcée et l'autre en marche au régime normal.

Nous avons constaté qu'en marche forcée, le rendement était très supérieur; cela se comprend aisément, étant donnée la consommation absorbée par la batteuse à vide.

Les agriculteurs auraient donc tous intérêt à faire le plus de marche forcée possible. Cela leur coûte plus de personnel, c'est vrai, mais cela ferait le travail plus rapidement et plus économiquement au point de vue de la consommation électrique.

(1) Communication faite à la Commission technique du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Nous avons compté par bottes de 5 kg passées toutes à la bascule.

Premiers essais : 1 heure en marche forcée. — Nous avons pu battre 249 bottes ayant donné 7 quintaux de blé pour une dépense de 5,8 kw : h.

Deuxième essai : 2 heures de marche au régime normal. — Nous avons battu en ces 2 heures 373 bottes ayant donné 11 quintaux de blé pour une dépense de 9,7 kw : h.

Si nous ramenons le tout à l'unité de 100 bottes, nous trouvons, qu'en marche forcée, la batteuse absorbe 2,33 kw : h, par 100 bottes, et en marche normale 2,63 kw : h par 100 bottes.

Il s'agit maintenant d'établir un terme de comparaison avec le moteur à pétrole qui fonctionne tous les jours chez M. Leroy.

Nous avons trouvé, au moyen du moteur à pétrole, que l'on pouvait battre 510 bottes en 4 heures et demie avec une consommation de 15 litres de pétrole et 1,5 litre d'huile. Le pétrole variant entre 0,25 fr à 0,32 fr le litre, nous tablerons sur le prix moyen de 0,28 fr. Quant à l'huile, nous compterons 1 fr le litre.

La dépense totale pour battre 510 bottes sera donc de 5,70 fr. Si nous ramenons également à 100 bottes, cela nous fait une dépense de pétrole et d'huile de 1,12 fr pour 100 bottes.

Comparaison entre le prix de l'énergie électrique et la consommation avec moteur à pétrole. — 1° Si nous prenons le cas de la marche forcée électrique, nous trouvons que 1,12 fr de pétrole correspond à 2,33 kw, ce qui ferait ressortir le kilowatt-heure à 0,48 fr.

2° Si nous faisons la comparaison avec la marche normale, nous trouvons que 1,12 fr de pétrole et d'huile correspond à 2,63 kw : h, soit par kilowatt-heure 0,426 fr.

En admettant donc que l'on fasse aux agriculteurs le prix de 0,40 fr le kilowatt, ils dépenseraient en énergie électrique moins qu'avec un moteur à pétrole.

Si donc on leur fait le prix initial de 0,35 fr, prix qui peut être abaissé jusqu'à 0,20 fr, on voit de là l'économie que ces agriculteurs peuvent réaliser par l'emploi de l'électricité, c'est-à-dire une économie de près de 50 pour 100.

Autres avantages de l'énergie électrique. — Dans nos calculs nous n'avons absolument tenu compte que des prix de la consommation en électricité avec la consommation en pétrole et huile, mais il est d'autres avantages très importants qui viennent encore s'ajouter en faveur de l'électricité :

1° Mise en route beaucoup plus facile avec l'électricité;

2° Pannes des moteurs à pétrole beaucoup plus fréquentes;

3° Prix d'acquisition du moteur à pétrole beaucoup plus élevé;

4° Entretien du moteur à pétrole beaucoup plus délicat, et surtout beaucoup plus coûteux;

5° Aucune surveillance à exercer sur un moteur électrique en marche, alors qu'il faut tout de même qu'un homme s'occupe d'un moteur à pétrole;

5° Régularité beaucoup plus parfaite.

Pour toutes ces raisons, nous concluons sur le choix incontestable d'un moteur électrique.



TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

L'électrification des lignes de chemins de fer de la ceinture et de la banlieue de Bruxelles.

Le problème de l'électrification de ces lignes se pose naturellement au moment où l'on envisage l'emploi de la traction électrique sur une jonction destinée à relier les deux principales gares de Bruxelles. Aussi une intéressante étude publiée sur cette question par M. Carlier [1], répétiteur du cours d'exploitation des chemins de fer à l'Université de Liége, a-t-elle attiré une particulière attention. L'auteur se propose de démontrer en effet, en s'appuyant sur l'intensité du trafic, qu'il est peu rationnel de limiter la traction électrique à la jonction seulement. D'après lui, ce système de traction doit s'étendre au réseau de la banlieue et, notamment, dans une zone circulaire de 15 km de rayon entourant Bruxelles, aux lignes aboutissant aux gares du Nord et du Midi.

Le mémoire, dont nous donnons un court résumé, est divisé en deux parties. Dans la première partie, l'auteur étudie les dispositions qu'il conviendrait de donner à la jonction et aux gares terminus en vue d'une exploitation rationnelle et rémunératrice. Il aborde, dans la deuxième, la question de l'électrification des lignes.

La jonction centrale Nord-Midi. — Les deux gares Nord et Midi [2] sont actuellement raccordées par une ligne à grand développement contournant Bruxelles. A ce long détour les voyageurs qui doivent passer d'une gare à l'autre préfèrent, en général, descendre du train et traverser la ville en voiture ou tramway pour se rendre à l'autre gare.

Pour supprimer ce transbordement, les pouvoirs publics ont décidé la construction d'une ligne de 3 km, dont 1800 m en souterrain, reliant directement les deux gares (*fig.* 1). Une gare centrale sera située au milieu de cette ligne.

Cette décision rencontre beaucoup d'opposants, qui estiment la dépense (56 millions d'après le projet) hors de proportion avec les services que la jonction pourra rendre, car on prévoit, d'après les statistiques, que le nombre de voyageurs traversant Bruxelles sans s'y arrêter n'atteindrait pas 10 pour 100 du total des voyageurs débarqués dans les deux gares Nord et Midi.

Mais il est trop tard maintenant pour s'élever contre un projet dont l'exécution est déjà commencée. Le but de ce mémoire est de signaler les inconvénients du projet actuel et de proposer des solutions permettant d'en tirer, moyennant quelques frais supplémentaires, un meilleur parti.

Le plus grave défaut du raccordement direct seul est son inaptitude à résoudre complètement le problème de l'encombrement des gares. A l'exception de quelques trains internationaux, on sera obligé, comme par le passé, de faire rebrousser un grand nombre de trains dans les

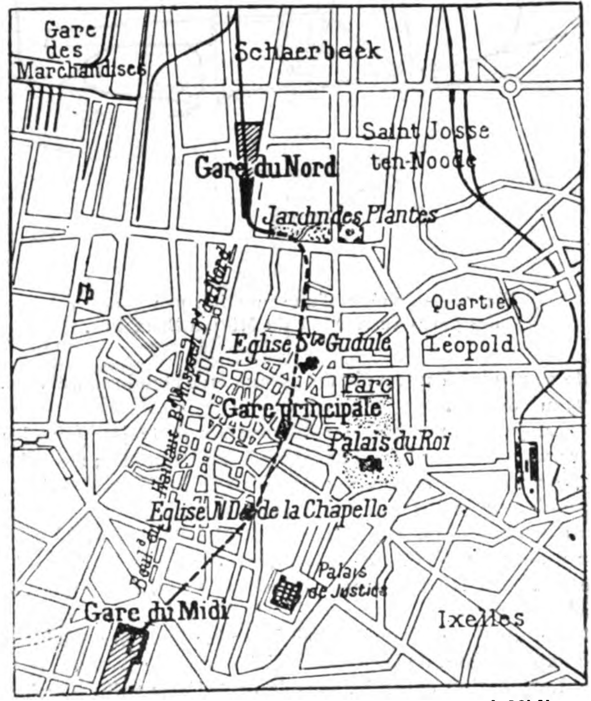


Fig. 1. — Schéma de la jonction centrale Nord-Midi.

gares du Nord et du Midi, car on ne voudra pas leur faire traverser la ville et les faire *mourir* au delà des gares actuelles, solution qui reviendrait trop cher.

Raccordement par boucles des gares du Nord et du Midi. — L'exploitation vraiment rationnelle par voie ferrée consiste à faire suivre tous les trains dans le même sens, *même aux terminus*, lorsque les rames des voitures sont dirigées vers les gares de formation.

L'emploi de ce système permet d'assurer la jonction entre les gares du Nord et du Midi, et d'éviter le *rebroussement* des trains à ces gares dites *terminus*.

Une jonction par boucles, moins directe que la jonction centrale, aurait donc pu rendre les services de la jonction *directe*, sans en comporter les inconvénients. Employés simultanément, ces deux systèmes se complètent et laissent prévoir des avantages plus appréciables qu'avec l'emploi exclusif d'un seul de ces deux procédés d'exploi-

[1] *Revue d'électricité*, Bruxelles, août 1912, p. 265-310.

[2] La gare du Nord dessert les lignes du Luxembourg, de Gand, de l'Allemagne et de la Hollande par Anvers; à celle du Midi aboutissent les lignes de Paris et de Charleville.

tation. Cette nouvelle solution est schématisée dans les figures 2 et 3 : elle consiste à boucler les voies des gares du Nord et du Midi, de façon à permettre aux trains, soit de continuer sans rebroussement vers une autre destination, en passant par une des jonctions quelconques, Est ou Ouest; soit de se rendre sans rebroussement à une gare de formation à proximité; soit enfin,

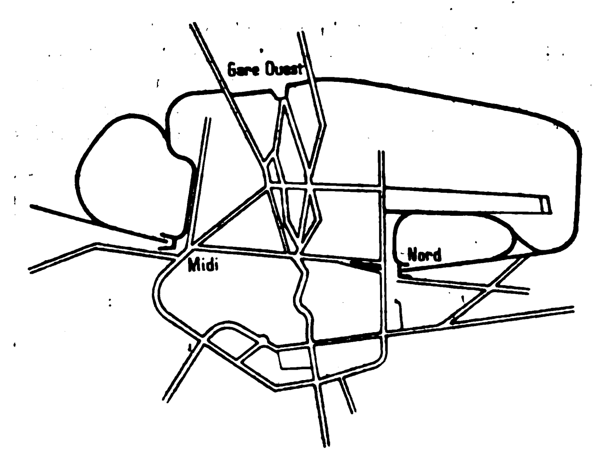


Fig. 2. — Schéma d'une jonction par boucles des gares du Nord et du Midi, à Bruxelles.

de se rendre à une voie de garage en attendant un nouveau départ.

La jonction centrale raccourcirait le trajet pour les trains qui ont à faire la traversée de Bruxelles; ses relations *directes* avec les boucles Nord et Sud permettraient, aussi aux trains qui ne dépassent pas Bruxelles-Nord ou Bruxelles-Midi ou la gare centrale elle-même, de faire un nouveau départ, quelques instants après leur arrivée et ce, sans rebroussement d'aucune sorte, ni manœuvre compliquée.

Ce système donne donc les plus grandes facilités d'exploitation, de sécurité et d'élasticité du trafic.

La jonction centrale, sans le complément des boucles, n'est utile que pour relier les lignes du Nord à celles du Sud; mais elle ne relie pas la ligne du Luxembourg avec celles du Nord, pas plus qu'elle ne permet la liaison entre les lignes du Nord. Or l'élasticité, la sécurité, l'intensité du trafic sont autant de facteurs qui plaident en faveur du système de liaison *sans rebroussement* d'une ligne quelconque avec une autre.

D'autre part, l'agglomération bruxelloise sera bientôt obligée de réclamer son chemin de fer métropolitain. Un des avantages de l'établissement des boucles est précisément dans son utilisation partielle pour le métropolitain de Bruxelles. Ce dernier doit comprendre quatre lignes principales qu'on peut aisément reconnaître sur la Carte des Chemins de fer (*fig.* 3). Pour la ligne métropolitaine Nord-Midi on ne pourrait mieux faire que d'utiliser la jonction centrale et de boucler les voies à l'extrémité de la ligne. On s'assurerait ainsi un excellent rendement de la jonction centrale, autrement très onéreuse.

Le métropolitain se prêterait en outre à une meilleure exploitation du réseau de petite banlieue, car il permettrait d'établir quatre jonctions différentes [1] entre les lignes de chemins de fer des environs de Bruxelles.

Enfin, un dernier argument en faveur du système à extrémité de voies bouclées est dans la possibilité d'augmenter considérablement la *capacité* des gares. En effet, tandis qu'une gare *à rebroussement*, desservie par un faisceau de 18 à 20 voies en cul-de-sac, qui se raccordent à 6 voies de sortie et 2 voies de machines ne peut recevoir, en 14 heures de temps (le service intensif commençant à 6 h pour se terminer à 20 h), que 280 trains, soit un train toutes les 3 minutes, et en expédier autant dans le même temps, une gare *sans rebroussement*, ayant son faisceau de voies bouclées, peut les recevoir et les expédier dans un intervalle de temps de 1 minute seulement et même moins. La capacité d'une telle gare est donc tout au moins triplée.

Ainsi, en 14 heures, avec rebroussement, la capacité limite d'une gare répondant aux conditions mentionnées serait de 560 trains entrant et sortant, tandis qu'avec les voies bouclées cette capacité serait de 1682 trains. En admettant, en moyenne, 250 voyageurs par train on arrive à un débit de 140000 voyageurs par le premier système, et de 420500 voyageurs par l'emploi des voies à extrémités bouclées.

Nécessité de l'électrification. — La nécessité d'électrifier le chemin de fer de jonction directe Nord-Midi a été reconnue depuis fort longtemps. Plusieurs raisons plaident en faveur de cette solution : la possibilité d'obtenir des vitesses moyennes plus élevées pour les trains franchissant Bruxelles, l'absence des fumées dans le tunnel de 1800 m, etc.

On se résoudra probablement à décrocher la locomotive à vapeur et à accrocher la locomotive électrique avant d'arriver à la jonction, pour sa traversée dans les deux sens. Mais, sans compter l'encombrement des voies qui en résulte, l'échange des locomotives demande au moins 5 minutes. La traversée de la ville exigerait de ce fait 20 minutes. Or, on la traverse actuellement en 14 minutes au moyen de tramways qui se suivent à 3 minutes d'intervalle. La solution serait donc défectueuse.

Par contre, en échangeant les locomotives à 10 km de la ville, on peut regagner les 5 minutes perdues, car la traction électrique permet d'avoir une plus grande vitesse moyenne sur les lignes de pénétration que la traction à vapeur en raison de ses accélérations de vitesse plus grandes. Le gain de temps qu'un train électrique à arrêts nombreux peut donner sur un train à vapeur atteint et dépasse 20 pour 100.

Ces considérations montrent que la traction électrique, nécessaire sur le métropolitain et la jonction centrale, s'impose dans une zone de 10 à 15 km de rayon sur les principales lignes aboutissant à Bruxelles.

Enfin quelques chiffres sur l'intensité du trafic permettront de justifier l'électrification des chemins de fer dans une zone beaucoup plus étendue, et la possibilité

[1] Ces jonctions sont les suivantes : la jonction Centrale (IV); la jonction Ouest (I); la jonction Est (II), la jonction Est-Schaerbeek-Hal (III). (Voir *fig.* 3.)



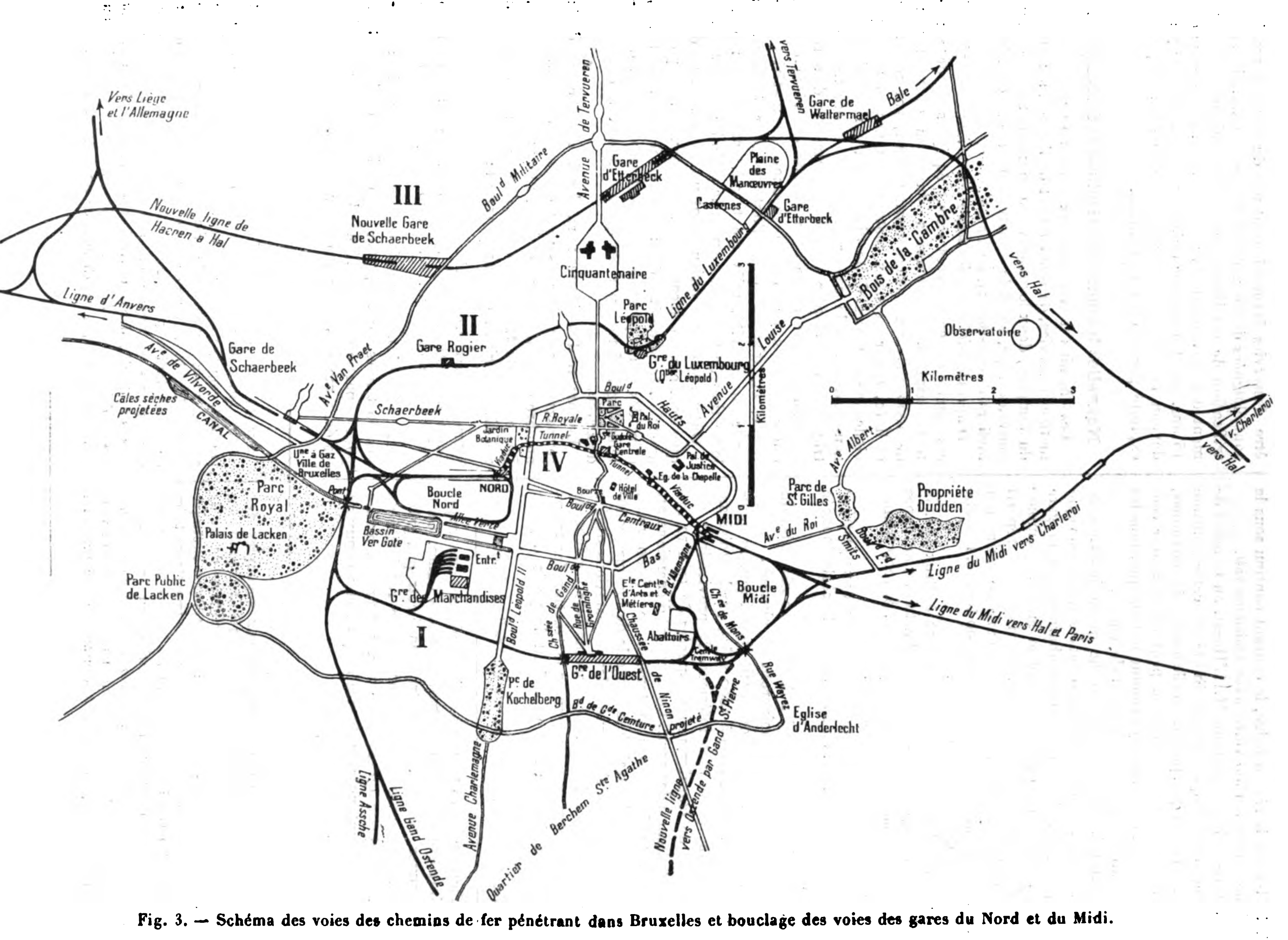


Fig. 3. — Schéma des voies des chemins de fer pénétrant dans Bruxelles et bouclage des voies des gares du Nord et du Midi.

d'adopter sur le réseau belge, le courant continu sous la tension de 1200 à 1500 volts, avec troisième rail.

C'est dans le rapport de M. L'Hoest, au Congrès de Berne, qu'est indiquée la possibilité de cette solution établie sur ce fait que, pour un trafic horaire de 200 tonnes, la traction par courant continu peut concurrencer économiquement, dans un pays comme la Belgique, tous les autres systèmes de traction par l'électricité.

Or l'intensité probable du trafic de la jonction de Bruxelles sera au bout de quelques années de 100000 voyageurs par jour, débarquant ou embarquant à la gare centrale. Aux gares extrêmes Nord et Midi s'en embarqueront et débarqueront autant. Ce trafic sera réparti en 700 trains par jour, soit en moyenne 30 trains par heure. Chaque train pesant au moins 300 tonnes, le trafic horaire sera donc de 9000 tonnes.

Sur toutes les lignes qui aboutissent à Bruxelles, le trafic horaire dépasse 300 tonnes; et il atteint 750 tonnes sur la ligne Deuderleenw-Bruxelles-Nord, et 1200 tonnes sur la ligne Malines-Bruxelles [1].

L'électrification par courant continu est donc justifiée sur les lignes belges, si l'on s'en tient à la règle énoncée à Berne.

Quelques indications sur les dispositions générales du projet d'électrification termineront ce résumé :

Le courant d'alimentation serait fourni aux locomotives, sous la tension 1200 à 1500 volts, par le troisième rail suspendu, à contact inférieur. Il proviendrait de sous-stations de transformation espacées de 10 à 12 km le long de la ligne à desservir. Le transport d'énergie serait effectué en triphasé sous la tension de 15000 volts. Cette tension permettrait à la centrale de fournir économiquement l'énergie électrique à des sous-stations situées dans un rayon de 40 km. Les locomotives seraient de 1500 à 2000 chevaux pour assurer la traction des trains même les plus lourds; il y en a dont le poids dépasse 450 tonnes.

Les lignes belges, qui n'ont pas un trafic suffisant pour être desservies favorablement par du courant continu, sont éloignées de Bruxelles de plus de 50 km. Mais l'électrification de ces lignes ne viendra qu'après l'achèvement des travaux de la zone centrale, c'est-à-dire d'ici 15 ans. Il est à prévoir qu'à ce moment le trafic y sera devenu largement suffisant pour être économiquement exploité par le courant continu.

[1] L'auteur prévoit que ces chiffres subiront une majoration importante après l'électrification des lignes. On a pu remarquer, en effet, que la traction électrique, grâce aux nombreux avantages de confort, de régularité de service, de vitesse qu'elle offre aux voyageurs, assure un accroissement notable du trafic qui s'élève souvent à 30 pour 100.

Nouvelles locomotives triphasées du Simplon.

Les chemins de fer fédéraux suisses se proposent de mettre en service, dans le courant de l'année, sur la ligne du Simplon, deux locomotives à courants triphasés d'un nouveau type, dont la construction a été confiée aux ateliers Brown-Boveri, de Baden.

D'après la *Rivista tecnica delle Ferrovie italiane* du 15 avril, ces nouvelles locomotives seront équipées de deux moteurs triphasés asynchrones d'une puissance horaire de 1000 chevaux chacun commandant, par une bielle inclinée, quatre essieux moteurs à roues couplées par bielles horizontales. Cette disposition, qui constitue une nouveauté dans la construction des locomotives électriques a été adoptée en vue de permettre de surélever les moteurs par rapport au châssis du véhicule afin, d'une part, de faciliter l'inspection du matériel électrique, et, d'autre part, d'obtenir le relèvement du centre de gravité, relèvement qui, comme l'a montré la pratique, est nécessaire pour la stabilité en marche.

Outre les quatre essieux moteurs dont il vient d'être question, chaque locomotive aura deux essieux porteurs articulés. Le diamètre des roues motrices sera de $1^{m},25$, celui des roues porteuses $0^{m},80$; l'empattement du système rigide formé par les quatre essieux moteurs sera de $4^{m},80$.

Le nombre des vitesses normales de marche sera de 4; ces variations de vitesse seront obtenues en modifiant le nombre des paires de pôles (6, 8, 12 et 16 séries de pôles). Les efforts de traction et les puissances sur les roues à ces divers régimes de marche seront :

Vitesse de marche, en km : h.	26	35	53	71
Effort de traction, en kg...	15000	13000	15000	15000
Puissance, en chevaux......	1050	1400	2100	2800

Le poids d'une locomotive en ordre de marche atteindra 86 tonnes, dont 44 pour la partie mécanique et 42 pour la partie électrique. Dans le poids de cette dernière les deux moteurs entrent pour 32 tonnes.

Locomotives triphasées à cinq essieux accouplés des chemins de fer de l'État italien. — Les résultats pratiques, à tous points de vue satisfaisants, que les chemins de fer de l'État italien ont obtenus avec l'emploi de la traction électrique par courants triphasés sur des lignes de grande importance telles que la ligne du Giovi et la ligne du Mont-Cenis, ont engagé cette administration à poursuivre l'électrification de ses lignes suivant le même système. Deux de ces lignes, celle de Savone-Saint-Giuseppe-Civa et la ligne dite succursale du Giovi, doivent être exploitées électriquement dès le courant de l'an prochain.

Sur les deux lignes du Giovi et du Mont-Cenis, qui présentent de très fortes déclivités atteignant 2,5 et 3 pour 100, on a, dès le début, employé un type de locomotive à 5 essieux couplés de 2000 chevaux capables de réaliser les deux vitesses de 25 et 50 km : h. Ce type de locomotive, dont les chemins de fer de l'État italien possèdent à l'heure actuelle une centaine d'exemplaires en service ou en construction, est décrit dans tous ses détails, dans la livraison du 15 avril de la *Rivista tecnica delle Ferrovie italiane*, par M. F. Santoro, ingénieur au service de la traction des chemins de fer de l'État italien.

ÉCLAIRAGE.

PROJECTIONS LUMINEUSES.

La « lumière froide » de M. Dussaud.

On sait que, sous le nom de *lumière froide*, destiné sans doute à attirer l'attention du public, M. Dussaud préconise depuis quelques années, pour l'éclairage des clichés de projection, l'emploi de minuscules lampes à incandescence très survoltées au lieu et place des puissants arcs électriques ordinairement employés.

En fait, les résultats obtenus sont intéressants : on peut, en effet, obtenir des projections très agrandies et cependant très lumineuses avec une installation d'éclairage de beaucoup moins importante que celles qu'exigent les lanternes à arc ou à acétylène. Mais pour les expliquer, point n'est besoin des considérations métaphysiques sur « la nécessité de laisser reposer la matière », qui forment le fond des explications que M. Dussaud a données jusqu'ici de son système.

L'explication est beaucoup plus simple et ne fait intervenir que les propriétés connues des filaments survoltés et des appareils de projections; nous l'avions devinée, il y a environ 3 ans, grâce aux renseignements fournis à cette époque par le constructeur qui présentait les appareils Dussaud à l'une des séances de Pâques de la Société française de Physique. Nous la donnons plus loin, mais auparavant nous mettrons sous les yeux de nos lecteurs le résumé de la communication faite par M. Dussaud à la séance du 21 février dernier de la Société française de Physique ainsi que le résumé de la discussion qui l'a suivie :

« M. Dussaud présente une série d'expériences avec la *lumière froide* qu'il a obtenue au moyen d'ampoules à bas voltage, très survoltées sans risque de brisure ou d'affaissement du filament parce que le courant subit des périodes d'interruption qui permettent au filament de se *reposer* et de retrouver sa résistance initiale.

» La résistance de ces ampoules au *survoltage* très élevé est, en outre, accrue par le fait que leur vide est poussé aussi loin que possible et que le filament de tungstène étiré est préparé avec le maximum d'homogénéité.

» Enfin, ces ampoules étant destinées à des systèmes optiques, à foyer ultra-court, le filament est enroulé en solénoïdes minuscules et l'ampoule elle-même est d'un volume très petit pour pouvoir s'approcher du système optique.

» Ainsi, l'ampoule donnant 100 bougies avec 16 volts 1,5 ampère a environ 1 cm de rayon et le solénoïde formé par le filament a environ 1 mm de diamètre et 5 mm de longueur. C'est pratiquement un *point lumineux* de 100 bougies qui sera totalement utilisé par les systèmes optiques. Ces ampoules sont fabriquées à Paris par des procédés nouveaux dans une usine construite récemment dans ce but exclusif.

» M. Dussaud fait fonctionner successivement cette ampoule de 100 bougies sur le courant du secteur (alternatif) en interposant un transformateur du commerce destiné à remplacer les piles de sonnerie d'appartement; puis sur le courant d'une petite pile de sonnerie d'appartement.

» Dans le cas du courant continu, il aurait suffi d'interposer une lampe à filament de charbon du commerce donnant 50 bougies environ. On peut aussi produire sans fatigue les 24 watts nécessaires avec une petite magnéto actionnée par le pied.

» Avec cette lampe de 100 bougies, M. Dussaud projette successivement devant l'auditoire, à une dizaine de mètres de distance :

1° Un cliché 8,5 × 10 en couleurs couvrant 2,50 m × 2,50 m;

2° Une carte postale en couleurs couvrant 4 m × 3 m;

3° Une vue cinématographique couvrant 3 m × 2,50 m.

» Pour bien montrer que la lumière est *froide* et supprime *tout danger*, M. Dussaud laisse la vue de celluloïd *arrêtée* sans qu'elle prenne feu.

» Cette absence de chaleur empêche la détérioration des couleurs des clichés et la détérioration des préparations microscopiques.

» Ces appareils de projection ont été acceptés par le Ministère de l'Instruction publique après examen d'une Commission.

» M. Dussaud fait ensuite fonctionner des ampoules de différentes intensités jusqu'à 5000 bougies, mais toujours à volume extrêmement réduit et à filament très concentré.

» Avec l'ampoule de 5000 bougies, M. Dussaud fait successivement fonctionner les appareils suivants :

» Un phare à éclat dont il a reconnu la puissance égale à celle du phare de Biarritz;

» Un appareil remplaçant le magnésium pour photographier la nuit;

» Un appareil de télégraphie optique.

» M. Dussaud présente ensuite un modèle réduit du projecteur de guerre à *lumière froide* qu'il a fait fonctionner en France devant le Ministre de la Guerre et dont il a préparé plusieurs types pour différents États étrangers. »

« Quelques observations sont présentées à la suite de cette communication; M. Lauriol demande à l'auteur quelques précisions sur la manière dont se réalise l'économie dans son système sur l'emploi d'une lampe survoltée en courant continu. On sait, par ailleurs, qu'à survoltage moyen égal, la durée d'une lampe en courant alternatif est sensiblement la même qu'en courant continu. Pourquoi donc la forme spéciale de courant qui correspond à une série d'interruptions régulièrement espacées produirait-elle une économie importante sur la durée de la lampe, cette durée étant considérée naturellement comme la somme des instants pendant lesquels la lampe est allumée?

» En posant ainsi la question, M. Lauriol élimine évidemment le cas du cinématographe où l'avantage du



système Dussaud provient de ce qu'en effet il n'est pas nécessaire de conserver la lampe allumée d'une manière continue.

» A M. Lauriol, et à des observations analogues, faites par M. Ch.-Ed. Guillaume, M. Dussaud répond que la volatilisation du filament reste bien la même dans tous les cas. Mais l'interruption, faite au moment opportun, guérit à la fois la saute brusque du filament survolté (saute qui peut se produire quand la lampe est éteinte) et l'affaissement progressif du filament survolté, affaissement qui amène un court circuit dans la lampe et met fin à ses jours.

» Au point de vue économique, M. Dussaud considère que le problème du survoltage ne sera industriellement résolu que le jour où la récupération des lampes sera rendue industrielle. On considérera alors le tungstène comme l'analogue du pétrole qu'on brûle et la question reviendra alors à celle-ci : sera-t-il plus économique de volatiliser du tungstène, de faire remplacer le filament et de refaire le vide dans la lampe, que d'économiser de l'énergie électrique. Il indique que l'usine de lampes fondée, 19, boulevard de Charonne, étudie la question à ce point de vue. D'après lui, chaque filament brûlé peut représenter une dépense de 2 centimes et demi.

» M. Rivière, inspecteur général du Service des phares, fait remarquer que, pour les phares, c'est l'éclat intrinsèque de la source qui est l'élément important et qu'à cet égard l'arc électrique présente une supériorité incontestable (10000 bougies par centimètre carré au lieu de 20 pour le filament au tungstène non survolté). Il conteste le chiffre de 500 bougies par centimètre carré donné par M. Dussaud pour le filament survolté. Des mesures précises s'imposent.

» Au sujet de la supériorité de l'arc électrique sur les autres sources, M. Dunoyer rappelle qu'il est indispensable, pour bien l'apprécier, de tenir compte de la manière dont se fait l'absorption atmosphérique. Elle augmente considérablement quand la longueur d'onde diminue (loi de Rayleigh si les particules sont assez petites), de sorte qu'une source très riche en lumière bleue peut être moins pénétrante, à égalité de puissance, qu'une source plus riche en rayons jaunes. L'écart entre l'arc électrique et d'autres sources pourrait donc s'atténuer pour les phares à longue portée. »

Voici maintenant l'explication que nous croyons pouvoir donner des résultats très intéressants obtenus par M. Dussaud avec son éclairage intermittent par lampes survoltées.

Un filament alimenté sous une tension sensiblement supérieure à celle pour laquelle il est normalement construit peut donner une intensité lumineuse de beaucoup supérieure à celle qu'il fournit sous la tension normale, puisque, ainsi qu'on le sait, l'intensité croît avec la tension appliquée suivant une loi exponentielle. L'accroissement de l'intensité lumineuse sera d'ailleurs d'autant plus grand que le rapport de la tension appliquée à la tension normale sera lui-même plus grand. Rien d'extraordinaire, dès lors, à ce que M. Dussaud obtienne, avec des filaments construits pour donner quelques bougies sous quelques volts, des intensités lumineuses de 20 ou 25 bougies ou peut-être plus en les alimentant sous 16 volts.

Mais le filament ainsi survolté n'aura qu'une durée éphémère, quelques secondes. Le fait qu'on n'y lance le courant que d'une manière intermittente n'augmentera nullement sa vie réelle, M. Dussaud en convient. Mais, dans le cas du cinématographe, la lumière est inutile pendant le passage d'une vue à une autre; en éteignant la lampe pendant ce temps, on prolongera donc son emploi utile. D'ailleurs, en raison de la persistance des impressions lumineuses sur l'œil, il n'est pas nécessaire d'éclairer une projection ordinaire d'une manière continue; là encore, on peut, par conséquent, prolonger la durée d'utilisation de la lampe en n'y lançant le courant que d'une manière intermittente. On conçoit donc que les quelques secondes de la vie réelle d'une lampe très fortement survoltée puissent permettre de produire un éclairage pendant plusieurs minutes. Certes, cette durée d'utilisation qui se compte par minutes seulement peut conduire à un prix de revient coûteux, si la lampe est complètement perdue après usage. Aussi, M. Dussaud convient-il qu'au point de vue économique, le problème du survoltage ne sera résolu que le jour où la remise à neuf des lampes pourra se faire à peu de frais.

L'intermittence de l'éclairage a, d'ailleurs, un autre avantage : la lampe ne s'échauffe pas sensiblement. Il en résulte qu'on peut la mettre très près du système optique sans crainte de casser la lentille. A égalité d'intensité lumineuse, on utilise donc un flux lumineux plus grand qu'avec une source employée dans les conditions ordinaires. C'est ce qui permet à M. Dussaud d'obtenir un éclairement satisfaisant des images projetées sans avoir besoin d'une grande intensité lumineuse.

Filaments de titane pour lampes. — D'après *Electrical Review*, M. Matthew A. Hunter est parvenu à obtenir, au cours d'expériences effectuées à l'Institut polytechnique Rensselaer de Troy (New-York), du titane pur. A cet effet, il a mis en présence, dans une cloche métallique, du tétrachlorure de titane ($TiCl^4$) et du sodium pur. Cette cloche, construite en pièces d'acier, avait une capacité d'environ 1000 cm^3 et pouvait supporter une pression interne totale de plus de 36 000 kg. La réaction, à l'intérieur de la cloche, se produit si rapidement qu'elle peut se considérer comme instantanée; il convient de noter, en outre, que l'action chimique commence seulement lorsque l'enveloppe d'acier a été portée à une certaine température.

Le nouveau métal s'est révélé dur et extrêmement cassant quand il est froid; mais si on le porte au rouge sombre, il se laisse forger presque aussi facilement que le fer au bois. Il a l'apparence de l'acier poli; toutefois, à la rupture, il ne présente pas la structure cristalline de ce dernier métal.

Toutes les tentatives jusqu'ici faites pour l'étirer en fil d'une section transversale, même relativement grande, ont abouti à des insuccès; mais il semble probable que l'on finira par obtenir des résultats plus satisfaisants. Si l'on parvient à l'étirer en fil d'une façon convenable, le titane se prêtera particulièrement à la fabrication des lampes électriques, car il a son point de fusion à environ 1800° C. tandis que son poids spécifique est d'à peu près 4,5 et sa chaleur spécifique d'à peu près 0,1462.



MESURES ET ESSAIS.

MESURES ÉLECTRIQUES.

Nouveaux types d'appareils enregistreurs système Hartmann et Braun (¹).

Bien que l'inscription des diagrammes des appareils enregistreurs paraisse naturellement conduire à l'emploi des coordonnées curvilignes, l'obtention d'un diagramme en coordonnées rectilignes rectangulaires présente un intérêt tellement plus considérable, que l'usage de ces derniers diagrammes tend actuellement à se généraliser.

Le moyen qui s'offre immédiatement à l'esprit pour obtenir un diagramme en coordonnées rectilignes est évidemment de produire un déplacement rectiligne de l'appareil de mesure lui-même, comme par exemple dans les appareils de Kohlrausch.

Ces appareils conduisent toutefois à une construction très spéciale, et de plus la généralisation de l'emploi des appareils de mesure à rotation circulaire fait qu'on préfère, pour obtenir le diagramme rectiligne, transformer le mouvement de rotation de l'appareil de mesure lui-même en un mouvement rectiligne par un moyen mécanique approprié.

On s'est de plus appliqué à donner aux divers types d'appareils enregistreurs le même aspect extérieur; c'est ainsi qu'un double wattmètre enregistreur placé sur un tableau présente la même apparence qu'un voltmètre enregistreur par exemple. La maison Hartmann et Braun a construit, dans ces derniers temps, une nouvelle série d'appareils basés sur ces principes, et nous allons examiner succinctement les détails de construction de quelques-uns de ces appareils enregistreurs.

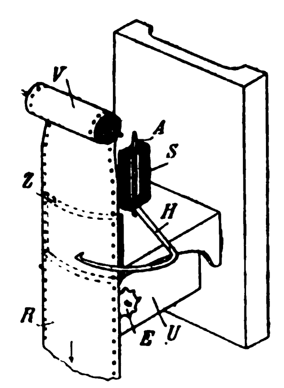


Fig. 1. — Représentation schématique du système enregistreur.

Système enregistreur. — La figure 1 représente le schéma du système employé. L'axe A est vertical et parallèle à la plaque d'assise; l'axe du segment de cylindre Z est parallèle à l'axe A. L'aiguille en forme de crochet H embrasse le segment de cylindre. La feuille de papier R est mise en mouvement et tendue sur le segment de cylindre Z au moyen d'une bobine d'enroulement V, d'un mouvement d'horlogerie U et de roues à molettes E. Des guides appropriés permettent de faire épouser à la bande de papier la forme exacte du segment de cylindre et à l'appliquer parfaitement contre lui.

Cette disposition simple permet d'obtenir un diagramme rectiligne, en partant d'un déplacement circulaire du système mobile, et donne la possibilité de construire les divers types d'appareils enregistreurs de façon à leur donner à tous le même aspect extérieur.

La figure 2 représente la coupe d'un appareil à équipage mobile et donne une idée de la disposition adoptée.

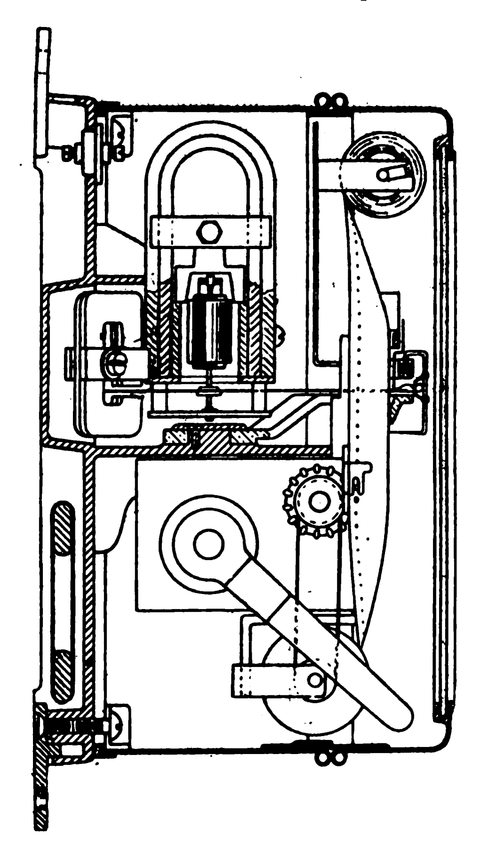


Fig. 2. — Coupe d'un appareil enregistreur.

La partie supérieure est occupée par l'équipage mobile et l'aiguille, la partie inférieure par le mouvement d'horlogerie et si besoin est par des résistances ou des bobines de self.

Sur le devant de l'appareil se place la bande de papier

(¹) A. Palm, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIV, 23 janvier 1913, p. 31.

et son système enrouleur et dérouleur. La feuille peut simplement sortir de l'appareil par une ouverture pratiquée entre le bâti et le couvercle, ou être enroulée à nouveau sur un cylindre placé à la partie inférieure et mû par le mouvement d'horlogerie. La pièce en forme d'arc de cercle qui se place devant le segment de cylindre sert précisément à assurer l'application exacte de la feuille sur ce dernier.

Cette pièce peut tourner autour de l'axe mathématique du segment de cylindre et porte tous les accessoires de l'aiguille. Pendant le fonctionnement de l'appareil, elle est maintenue par un crochet fixé sur l'autre paroi de l'enregistreur. Lorsqu'on soulève ce crochet, cette pièce peut tourner autour de son axe en entraînant l'aiguille et ses accessoires de sorte que le remplacement du papier est extrêmement commode.

Le mouvement d'horlogerie. — Le mouvement d'horlogerie est établi très solidement et communique au papier une vitesse linéaire de 60 mm par heure pour une durée de fonctionnement de 1 mois. Le déplacement du papier s'effectue par des roues dentées qui engrènent dans deux rangées de trous pratiqués dans les bords extrêmes de la bande.

Ces roues dentées sont directement reliées au mouvement d'horlogerie par l'intermédiaire d'une paire de roues extérieures qui peuvent facilement être démontées et remplacées par d'autres pour permettre d'obtenir une vitesse différente de déplacement du papier. La fixation du mouvement d'horlogerie est telle qu'il est possible de le sortir facilement de son logement, ce qui permet de le remplacer facilement par un autre.

Pour des besoins spéciaux la vitesse de déroulement du papier peut atteindre 10 mm par seconde.

Il est possible du reste de construire des mouvements d'horlogerie permettant d'obtenir des vitesses de déroulement différentes en agissant simplement sur un levier approprié.

Aiguille et accessoires. — La figure 3 représente une

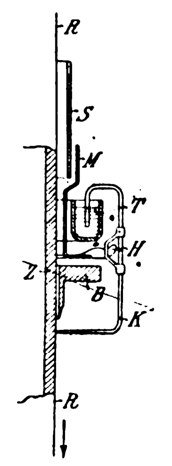


Fig. 3. — Coupe de l'aiguille et du réservoir d'encre.

coupe de cet ensemble : l'aiguille munie d'un index M se déplace devant l'échelle graduée S. A la fourche H de l'équipage mobile est fixée la pointe à tracer K constituée par un tube capillaire en verre de forme appropriée. La partie supérieure du tube plonge dans un récipient T en forme de rigole dont la courbure correspond au parcours de l'aiguille. L'encre parvient, par l'intermédiaire du tube capillaire, jusqu'à la pointe et la répartition de la masse de l'ensemble est telle que la pointe appuie légèrement, mais avec beaucoup de précision, sur le papier même quand l'aiguille est soumise à des déplacements rapides. Pour éviter la rupture du tube capillaire, il est enfermé dans une gaine en laiton.

Les instruments de mesure. — Les instruments de mesure employés avec les systèmes enregistreurs doivent donner des couples plus élevés que les appareils de mesure ordinaires à cause des frottements plus grands. Les équipages mobiles sont verticaux. Les voltmètres et ampèremètres peuvent être des appareils électromagnétiques d'une construction spéciale. Les appareils du système d'Arsonval, courant continu, se recommandent principalement pour les appareils de mesure parce qu'ils peuvent être facilement exécutés avec des couples élevés. Les appareils à fil chaud permettent d'utiliser sans inconvénient un même appareil enregistreur pour diverses sortes de courants, de forme de courbe et de périodes.

Les appareils du système Ferrari peuvent être employés comme voltmètre, ampèremètre et wattmètre. Les wattmètres simples s'emploient pour les systèmes monophasés ou les systèmes triphasés équilibrés. On vient tout récemment de créer un type de wattmètre triple destiné à mesurer la puissance dans les systèmes triphasés à quatre fils non équilibrés. Tous ces appareils peuvent être placés dans le même bâti et épouser la même forme extérieure. Les wattmètres enregistreurs électrodynamiques sont principalement destinés aux mesures pour courant continu. Ils peuvent toutefois être également employés pour les mesures en alternatif dans les limites industrielles des fréquences généralement utilisées. Les wattmètres électrodynamiques se distinguent en ce que la bobine fixe se trouve à l'intérieur de la bobine mobile, ce qui permet une construction peu encombrante. On peut ainsi exécuter deux wattmètres superposés pour système continu trois fils ou pour systèmes triphasés non équilibrés dans un boîtier normal.

Le wattmètre Ferrari et le wattmètre électrodynamique peuvent, suivant la méthode d'Arno, être employés comme voltampèremètre et munis d'échelles graduées en kilovoltampères.

Voici le principe de leur fonctionnement dans ce cas :

Le champ produit par la bobine de tension est artificiellement décalé d'un angle ψ, de sorte que le wattmètre ne mesure plus $EJ\cos\varphi$, en appelant E la tension, J le courant, φ l'angle de décalage de ces deux grandeurs, mais

$$EJ\cos(\varphi - \psi).$$

Si l'on fait $\varphi = \psi$ l'appareil donnera EJ, c'est-à-dire la puissance apparente en voltampères. Pour obtenir ce résultat il faut naturellement que, si φ varie, ψ puisse varier également dans le même sens pour maintenir l'égalité. Arno a montré que même avec un angle φ variable il est possible d'obtenir entre certaines limites des mesures



exactes en choisissant convenablement un angle ψ constant. La détermination de la puissance apparente est intéressante pour les stations centrales; du reste, ces voltampèremètres peuvent être munis d'une seconde échelle en watts. Ils permettent alors à l'aide de deux lectures de déterminer les cos φ du réseau; ils sont désignés sous le nom de *watt-voltampèremètre*. On ne se contente plus seulement maintenant d'observer attentivement le courant, la tension et la puissance d'une installation, on contrôle également le facteur de puissance et la fréquence. On exécute dans ce but des phasemètres et des fréquencemètres enregistreurs.

La figure 4 représente schématiquement un phasemètre de ce type construit d'après le principe bien connu

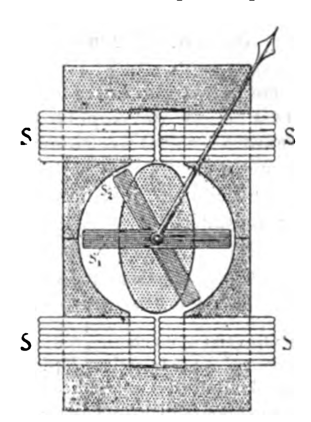


Fig. 4. — Phasemètre ou fréquencemètre électrodynamique pour appareils enregistreurs.

des bobines en croix. Les indications de l'instrument sont dans de grandes limites indépendantes des variations de tension et de courant, le schéma de montage est le même que pour un wattmètre, avec la plupart du temps interposition de transformateurs de mesure.

La figure 5 représente le schéma d'un fréquencemètre enregistreur.

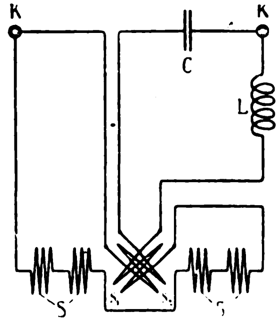


Fig. 5. — Schéma de montage d'un fréquencemètre enregistreur.

C'est également un appareil à deux bobines en croix. Ces deux bobines sont fixées rigidement sur le même axe de rotation et se déplacent librement dans le champ non homogène des bobines fixes S.

La bobine S_1 est en série avec la self L, la bobine S_2 avec la capacité C. Le champ produit par la bobine S_1 est en phase avec celui produit par les bobines S. Le couple de la bobine S_1 est, pour une position donnée, proportionnel au carré du courant parcourant le circuit inductif. Le champ produit par la bobine S_2 est décalé d'environ 180° sur celui de la bobine S et, pour une position donnée, le couple est proportionnel au produit des deux courants dans les deux circuits. Soient i le courant dans le circuit inductif, j celui qui parcourt la capacité, D_1 et D_2 les couples correspondants respectivement aux deux bobines S_1 et S_2, N la fréquence et E la tension aux bornes. Si l'on néglige les pertes ohmiques, on aura pour une position déterminée

$$D_1 = m_1 i^2 = n_1 \frac{E^2}{N^2}, \qquad D_2 = m_2 \times j \times i = n_2 \times E^2 \frac{N}{N};$$

où m_1 et m_2 sont des constantes.

Pour une position donnée :

$D_1 = D_2$ puisque les deux bobines sont en équilibres, donc

$$\frac{n_1}{n_2} = N^2.$$

On voit que les positions d'équilibre ne dépendent pas de la tension E si l'on néglige les résistances ohmiques, qui sont du reste petites vis-à-vis des valeurs de la self et de la capacité. Les lettres m et n, dans les équations précédentes, n'étaient constantes que pour une position déterminée des bobines S_1 et S_2, parce que le champ fixe n'est pas homogène. Ces quantités sont fonction de l'angle d'écart α et, pour obtenir une équation générale du phénomène, il faut écrire

$$\frac{n_1}{n_2} = p \times f(\alpha),$$

où p est une constante qui correspond à tous les angles d'écart α. En étudiant spécialement la forme du champ non homogène fixe, on peut s'arranger de façon à rendre l'angle d'écart de l'appareil proportionnel à la fréquence.

La théorie mathématique complète du fréquencemètre, nous entraînerait trop loin. Elle a conduit à la construction d'un fréquencemètre enregistreur qui, dans de larges limites, est indépendante de la tension et qui possède une échelle divisée en parties égales. Cette échelle peut être du reste établie de plusieurs façons; par exemple pour la fréquence moyenne de 50 périodes, la limite inférieure était de 45 et la supérieure de 55.

Pour les fréquences ordinairement employées, il est possible de placer les condensateurs et les selfs à l'intérieur de l'appareil. E. P.

MESURES MAGNÉTIQUES.

Sur la détermination de la valeur du champ magnétique terrestre au moyen du fluxmètre [1].

La mesure du champ magnétique terrestre peut s'effectuer d'une manière à la fois simple et rapide par l'emploi du fluxmètre Grassot.

---

(1) SALAZAR, *Journl de Phys.*, 5e série, t. III, février 1913, p. 124-125.

Supposons qu'il s'agisse de déterminer, par exemple, la composante horizontale $\mathcal{H}$: on reliera au fluxmètre les deux extrémités d'un fil de cuivre bobiné sur un cadre de manière à constituer un certain nombre de spires dont la surface totale S doit être connue exactement.

Ce cadre étant disposé verticalement, dans un plan perpendiculaire à la direction de la composante horizontale, est traversé par un flux ayant pour valeur

$$\varphi = S\mathcal{H}.$$

Par une rotation d'un quart de tour, on amène le cadre dans le plan du méridien magnétique : le flux embrassé devient ainsi nul, et sa variation, égale à $S\mathcal{H}$, est indiquée par l'aiguille du fluxmètre. La valeur de $\mathcal{H}$ s'en déduit immédiatement.

Pour augmenter la déviation, en vue d'obtenir une précision plus grande, on peut munir le cadre d'un collecteur redresseur à coquilles (cerceau de Delezenne) et le faire alors tourner d'un nombre de tours n aussi grand que l'on veut. A chaque tour complet correspond un flux coupé égal à $4S\mathcal{H}$. Pour n tours, ce flux deviendra

$$\Phi = 4nS\mathcal{H}, \qquad \text{d'où} \qquad \mathcal{H} = \frac{\Phi}{4nS},$$

et la déviation de l'aiguille du fluxmètre sera $4n$ fois plus grande que précédemment. L'un des principaux avantages de cette méthode, c'est que la vitesse de rotation peut être pour ainsi dire quelconque, et qu'il est inutile de la mesurer; toute la détermination se réduit à faire faire au cadre mobile un nombre de tours connu.

Dans une des expériences faites au laboratoire d'électrotechnique de Santiago (Chili), l'auteur a ainsi obtenu

$$\Phi = 52 \times 10^4 \qquad \text{(52 divisions des fluxmètres)},$$

pour

$$n = 20 \text{ tours},$$
$$S = 302,8 \text{ cm}^2 \times 84 \text{ spires},$$

d'où

$$\mathcal{H} = 0,255 \text{ gauss}.$$

Des mesures comparatives faites en équilibrant au potentiomètre la f. e. m. développée par un cadre de 1200 tours tournant à une vitesse connue, dans le même champ, ont donné pour $\mathcal{H}$ des valeurs constamment comprises entre 0,25 et 0,26, justifiant ainsi la méthode qui vient d'être indiquée.

Origines d'un phénomène d'induction troublant les mesures dans les circuits à haute fréquence; SIEGMUND LŒWE (*Jahrbuch der drahtl. Telegr. und Teleph.*, t. VI, n° 4, 1913, p. 325-332). — Quand on effectue des mesures sur un circuit à haute tension avec un couple thermo-électrique ou un dispositif bolométrique sensibles, on constate souvent que, même le circuit de mesure étant ouvert, le galvanomètre subit des déviations plus ou moins grandes. Ce phénomène est particulièrement frappant dans l'excitation par choc; il est dû à des oscillations de courtes longueurs d'ondes qui se manifestent dans le circuit primaire. Or il peut en résulter non seulement des erreurs dans les mesures, mais encore une perte d'énergie appréciable et un danger pour les expériences en ballon où les étincelles éclatant entre les parties métalliques de l'aéronef peuvent provoquer des explosions. Le présent article relate les travaux de l'auteur qui a cherché à résoudre les questions suivantes: 1° Quelle est la nature des oscillations qui prennent naissance; 2° comment expliquer l'intensité considérable de ces oscillations; 3° de quels moyens disposons-nous pour les éviter; quelle influence ont-elles sur les mesures? — Il ne semble pas possible d'éliminer complètement ces oscillations parasites, mais on les rendra pour le moins inoffensives : 1° en n'employant pas une excitation par choc trop intense; 2° en ne faisant usage que d'éclateurs de très faible capacité et d'un petit nombre de coupures à grande distance explosive.

Amplification de la sensibilité des galvanomètres à cadre mobile; H. ROHMANN (*Phys. Zeits.*, 15 mars 1913, p. 203-204). — La sensibilité d'un galvanomètre à cadre dépend de la surface des spires, du couple directeur et de l'intensité du champ magnétique. Il n'y a pas de difficultés d'ordre mécanique qui s'opposent à l'augmenter bien au-dessus de la valeur généralement admise pour les galvanomètres ordinaires; par exemple, on peut employer des champs plus intenses; seulement, étant donné que l'amortissement croît comme le carré de la sensibilité, on atteint vite la limite de l'apériodicité. L'auteur propose deux moyens susceptibles d'amplifier la sensibilité par renforcement du champ, tout en évitant les inconvénients de l'amortissement : 1° La valeur H_0 du champ est d'abord celle qui correspond à la limite de l'apériodicité. Dans la position du zéro, le plan des spires est parallèle aux lignes de force; si un courant constant traverse le cadre, celui-ci tourne d'un certain angle dépendant de sa sensibilité actuelle. Pour accroître la déviation, on porte d'abord le champ à une valeur $H > H_0$, puis aussitôt on le ramène à sa valeur initiale H_0. Cette variation du champ induit dans le cadre des courants d'intensité bien supérieure à celle du courant constant. Les champs croissants ramènent le cadre vers son zéro; mais les champs décroissants produisent des déviations de même sens que la déviation primitive; l'impulsion balistique dans ce cas est de beaucoup supérieure à celle donnée par le champ croissant, en sorte que la déviation est accrue dans le rapport $\frac{1}{2}\frac{H}{H_0}$. 2° Dans la deuxième méthode, on donne d'abord au champ une valeur très élevée et l'on fait ensuite passer un courant constant à travers la bobine qui tourne d'un certain angle. On augmente ensuite la déviation en diminuant le champ de H à H_0; l'impulsion est encore $\frac{1}{2}\frac{H}{H_0}$ fois plus grande que celle que l'on aurait obtenue pour le même courant avec le champ faible H_0. Remarquons qu'elle est proportionnelle à la quantité d'électricité qui a traversé le cadre et qu'elle peut lui servir de mesure. — L'auteur soumet ensuite ces considérations à l'analyse et montre que la théorie justifie complètement les méthodes indiquées ci-dessus. Pour leur vérification expérimentale, il s'est servi d'un galvanomètre à cadre de Hartmann et Braun, où le champ est engendré par un électro-aimant dont le noyau est formé de tôles de transformateurs, tandis que les épanouissements polaires sont massifs ainsi que le cylindre intérieur, ce qui présentait une petite difficulté. Néanmoins, les deux méthodes ont donné des résultats conformes à la théorie. Même en déplaçant le cadre par torsion de son fil de suspension, on retrouve toujours le même accroissement de la déviation pour une même variation du champ.

LÉGISLATION, JURISPRUDENCE, ETC.

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.

CONSEIL D'ÉTAT. — CONTENTIEUX.

Distribution d'énergie électrique aux particuliers par Société de Tramways. — Permission de voirie. — Droit de refus de l'administration. — Motif illégal.

Compagnie des Tramways de l'Est-Parisien contre Préfet de la Seine. (Jugement du 11 avril 1913.)

Le Conseil d'Etat statuant au contentieux,

Vu les requêtes sommaires et le mémoire ampliatif présentés pour la Compagnie des Tramways de l'Est-Parisien;

Ouï M. Berget, maître des requêtes, en son rapport;

Ouï Me Chabrol, avocat de la Compagnie des Tramways de l'Est-Parisien, et Me Aubert, avocat de la Ville de Paris, en leurs observations;

Ouï M. Chardenet, maître des requêtes, commissaire du Gouvernement, en ses conclusions;

Considérant que les deux requêtes susvisées tendent à l'annulation d'un même acte; que, dès lors, il y a lieu de les joindre pour y être statué par une seule décision;

Considérant que la Ville de Paris a, dans un débat où le fonctionnement de ses services publics est en cause, un intérêt qui rend son intervention recevable;

Considérant que la loi du 15 juin 1906 ne reconnaît aux particuliers aucun droit à l'obtention de permissions de voirie pour l'établissement de canalisations électriques dans le sous-sol des voies publiques; que l'octroi des permissions de cette nature rentre, après comme avant la loi du 15 juin 1906, dans le pouvoir d'appréciation de l'administration à laquelle il appartient de juger si la sauvegarde des intérêts généraux dont elle a la charge ne doit pas s'opposer à l'admission des demandes qui lui sont soumises; qu'ainsi la compagnie requérante n'est pas fondée à soutenir qu'en lui refusant l'autorisation qu'elle sollicitait, le préfet de la Seine a méconnu des droits qu'elle tiendrait de la loi susvisée du 15 juin 1906;

Mais considérant que la compagnie requérante soutient que le préfet de la Seine a donné de son refus un motif illégal qui constitue une fausse interprétation et par suite une violation de la loi du 15 juin 1906;

Considérant que les compagnies concessionnaires de tramways sont aptes comme tous autres intéressés à obtenir des permissions de voirie pour la distribution de l'énergie électrique aux particuliers par application de la loi du 15 juin 1906 et aux conditions prévues par cette loi, sauf le droit de l'autorité concédante de veiller à ce que l'usage de ces permissions n'apporte aucune atteinte au bon fonctionnement du service concédé;

Considérant que la décision attaquée du préfet de la Seine est motivée par cette unique considération que « les compagnies concessionnaires de tramways, autorisées à installer des canalisations électriques sous la voie publique, ne peuvent utiliser ces canalisations que pour la traction de leurs voitures »; que cette décision méconnaît les dispositions de la loi du 15 juin 1906 et doit, par suite, être annulée pour excès de pouvoir;

Sur les conclusions tendant à la délivrance de la permission de voirie demandée :

Considérant que la délivrance des permissions de voirie ne constituant pas un droit pour les pétitionnaires ainsi qu'il a été dit plus haut, il n'appartient pas au Conseil d'Etat de faire droit à cette demande;

Décide :

ARTICLE PREMIER. — L'intervention de la Ville de Paris est admise.

ART. 2. — La décision susvisée du Préfet de la Seine en date du 5 octobre 1907 est annulée.

ART. 3. — Les frais de timbre exposés par la Compagnie des Tramways de l'Est-Parsien, liquidés à la somme de 11,40 fr seront supportés par la Ville de Paris.

ART. 4. — Le surplus des conclusions de la requête n° 29708 est rejeté.

(Communiqué par Me Frenoy et Me Gaston Mayer.)

CONSEIL D'ÉTAT. — CONTENTIEUX.

Matériel fixe pour exploitation de chemins de fer et tramways. — Imposition. — Valeur locative basée sur même taux de capitalisation que les bâtiments.

Ministère des Finances contre Compagnie générale française de Tramways. (Jugement du 11 avril 1913.)

Le Conseil, ouï M. Pinot, auditeur en son rapport, Me Gaston Mayer, avocat à la Compagnie générale française de Tramways, en ses observations, M. Lucas de Peslouan, commissaire adjoint du Gouvernement, en ses conclusions :

Considérant qu'il résulte de l'instruction que le matériel fixe de la Compagnie générale française de Tramways dont l'imposition est contestée, eu égard aux conditions dans lesquelles il est utilisé et fonctionne pour le service de l'exploitation de cette compagnie à Orléans, n'est pas soumis à des causes de dépréciation autres et plus promptes que celles qui frappent les bâtiments;

Que dès lors, la valeur locative des bâtiments ayant été calculée par l'administration d'après le taux de 5 pour 100, c'est avec raison que le Conseil de Préfecture a décidé qu'il y avait lieu, pour déterminer la valeur locative imposable de l'établissement industriel de la compagnie susmentionnée pris dans son ensemble, d'appliquer à la valeur vénale dudit établissement le taux uniforme de capitalisation de 5 pour 100,

Décide :

Les recours susvisés du Ministre des Finances sont rejetés.

(Communiqué par Me Gaston Mayer.)

SOCIÉTÉS, BILANS.

Société des Forces électriques de La Goule à Saint-Imier. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire du 24 avril 1913, nous extrayons ce qui suit :

Voici l'état des abonnements au 31 décembre 1912 avec la comparaison de celui au 31 décembre 1911.

Lumière.

État des abonnements.	Nombre de lampes.	Nombre de bougies.	Recette probable.
31 décembre 1912	20 837	200 261	191 612
31 décembre 1911	19 672	191 450	179 010
Augmentation...	1 165	8 811	12 602



Force.

État des abonnements.	Puissance abonnée.	Recette probable.
31 décembre 1912	1668,5 ch	232 429
31 décembre 1911	1637 ch	226 945
Augmentation	31,5 ch	5 484

Appareils divers.

États des abonnements.	Nombre d'appareils.	Recette probable.
31 décembre 1912	368	4 504
31 décembre 1191	315	4 025
Augmentation	53	479

Le résultat de l'exercice nous permet de vous proposer la répartition d'un superdividende de 1 pour 100, et nous croyons pouvoir vous assurer que nous pourrons en faire de même les années futures à moins qu'il n'arrive un cataclysme ou quelque chose tout à fait extraordinaire indépendant de notre volonté.

Le compte de profits et pertes se présente ainsi :

Bénéfice de l'exercice		144 079,63
duquel il faut déduire pour le fonds de réserve en vertu de l'article 25 des statuts 10 pour 100		14 408 »
Reste		129 671,63
plus le solde de 1911		630,88
Il reste à votre disposition		130 302,51
Nous vous proposons de répartir un dividende de 6 pour 100 et pour cela il faut prélever sur ce solde à votre disposition 126 665 fr pour, en vertu des statuts, verser au capital actions un premier dividende de 5 pour 100, soit	100 000	
Il reste 26 665 fr, qui sont à répartir de la façon suivante :		
75 pour 100 superdividende de 1 pour 100	20 000	
10 pour 100 aux communes garantes de notre emprunt de 750 000 fr	2 666	
10 pour 100 au Conseil d'administration	2 666	
5 pour 100 aux employés méritants	1 333	126 665 »
Il resterait à porter à compte nouveau		3 637,51

Si vous adoptez notre proposition, le coupon pour l'exercice 1912 serait ainsi fixé à 30 fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1912.

Actif.

Actif immobilisé	4 554 095 74
Actif réalisable	2 207 580,21
Actif liquide	32 513,17
	6 794 189,12

Passif.

Passif non exigible	4 074 936,15
Passif exigible	2 574 542,46
Profits et pertes	144 710,51
	6 794 189,12

COMPTE DE PROFITS ET PERTES AU 31 DÉCEMBRE 1912.

Doit.

Provision des annuités		100 787,05
Frais généraux		49 393,03
Frais d'exploitation		77 015,61
Frais d'exploitation des usines de réserve		40 459,95
Frais de réfection	28 751,35	
Prélevé sur le fonds de renouvellement	18 000 »	
		10 751,35
Commission d'emprunt		1 330 »
Intérêts débiteurs		68 624,85
Débiteurs		834,32
Dépréciation sur mobilier, bureau technique, atelier et outillage, marchandises, installations		41 055,13
Fonds de retraite		2 000 »
Divers		4 467,78
Solde		144 710,51
		541 429,58

Avoir.

Solde au 31 décembre 1911	630,88
Exploitation force et lumière	450 203,75
Bénéfice sur installation lumière, installation de moteurs, moteurs en location et vente de moteurs et appareils électriques	10 300,45
Bénéfice sur vente de marchandises	1 982,30
Bénéfice sur le travail dans l'atelier	4 278,60
Loyer des immeubles	7 698,70
Escompte et change	604,66
Intérêts créditeurs	53 061,04
Divers	12 669,20
	541 429,58

INFORMATIONS DIVERSES.

Statistique des dépenses d'électricité des abonnés aux réseaux français de distribution d'énergie électrique. — Dans une conférence sur *la Houille blanche*, M. Henri CAHEN, Directeur de la Société d'Applications industrielles, donne le Tableau suivant qui indique, pour divers réseaux, la proportion des abonnés dont la dépense annuelle d'électricité est inférieure à 50^{fr}, comprise entre 50^{fr} et 100^{fr}, et enfin supérieure à 100^{fr} :

Sociétés.	Proportion des abonnés dont la dépense annuelle est de 0 fr à 50 fr pour 100.	50 fr à 100 fr pour 100.	supérieure à 100 fr pour 100.
Énergie électrique du Littoral méditerranéen	52	33	15
Énergie électrique du Sud-Ouest	26	54	20
Sud électrique	47	29	24
Société des Forces motrices du Fier	57	25	18
Énergie électrique du Centre	40	38	16
Société des Forces motrices d'Auvergne	70	20	10
Société nîmoise d'Éclairage et de Force motrice par l'électricité	46	23	31
Compagnie électrique de la Loire	65	16	19
Société méridionale de Transport de Force	52	33	15
Société grenobloise de Force et Lumière	35	50	15
Société des Forces motrices du Haut-Grésivaudan	70	24	6
Union électrique	61	22	17
Société d'Électricité de Caen	40	31	29
Compagnie électrique de la Grosne	75	18	7
Est-Lumière (banlieue de Paris)	31	60	9
Société des Houillères de Ronchamp	56	29	15



Tome XIX. N° 227. — 6 juin 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

En 1906 l'Institution of Electrical Engineers, de Londres, avait, à l'occasion de la réunion de la Commission électrotechnique internationale, invité diverses Sociétés électrotechniques étrangères à participer à ses travaux et à visiter les principales installations électriques de Londres et des grandes villes d'Angleterre et d'Écosse. La semaine dernière, sur l'invitation qui leur en avait été faite il y a quelques mois par M. Grosselin, alors président de la Société internationale des Électriciens, les ingénieurs élecriciens anglais sont à leur tour venus à Paris rendre visite à leurs collègues français.

Fort bien organisé et favorisé par un temps relativement beau, le **Congrès des Ingénieurs électriciens d'Angleterre et de France** a été des mieux réussis.

Partis de Londres dans la matinée du mardi 20 mai, les congressistes anglais, au nombre de 150 environ dont une quarantaine de dames, débarquaient, à 14h20, après une excellente traversée, à la gare maritime de Calais où un lunch les attendait. Une heure plus tard ils prenaient un train spécial qui les amenait à Paris à 19h15.

Parmi les congressistes anglais, signalons: M. W. Duddell, membre de la Royal Society et président de l'Institution; M. le professeur Carey-Foster, ancien président; MM. W. Judd et J.-F.-C. Snell, vice-présidents; M. Robert Hammond, trésorier honoraire; MM. J.-S. Highfield et Roger T. Smith, membres du Conseil; M. P.-F. Rowell, secrétaire; MM. P. Bertin, H. Bevis, T.-H. Charton, C.-B. Clay, F.-H. Nalder, Ll. Preece, W. Slingo, G. Stoney, A.-A.-C. Swinton, A.-P. Wood, H.-E. Yerbury, etc.

La séance d'ouverture eut lieu le mercredi 21 mai à 9 h, au Conservatoire des Arts et Métiers. Après une allocution de M. Daniel Berthelot, président actuel de la Société internationale des Électriciens, un groupe de congressistes allèrent visiter les salles d'exposition du Conservatoire, pendant que les autres assistaient à la séance de discussion sur la traction électrique.

En vue de rendre la discussion plus commode et plus rapide, la plupart des mémoires soumis à la discussion avaient été antérieurement présentés à la Société internationale des Électriciens et imprimés en anglais et en français. M. L. Joly, secrétaire de la Société internationale, en donne toutefois un résumé. Nos lecteurs trouveront dans ce numéro, plus ou moins abrégés, les mémoires de MM. Gratzmuller (p. 509 à 513), Parodi (p. 513 à 518) et Jullian (p. 519 à 524), et dans le numéro du 18 avril (p. 363 à 388) une conférence faite par M. Mazen, où celui-ci exposait la plupart des considérations qu'il présenta au Congrès; nous reviendrons plus tard sur un cinquième mémoire, dû à M. Damoiseau.

La discussion fut amorcée par M. Mazen. Il fit remarquer que l'exploitation des lignes de banlieue présente plus de difficultés encore que celle des

lignes métropolitaines en raison des variations plus notables du nombre des voyageurs à transporter suivant l'heure de la journée : tandis que sur ces dernières le rapport du nombre des voyageurs au moment de la plus grande affluence et au moment du plus faible trafic est de 3 à 1, il est de 8 à 1 sur les lignes de banlieue.

M. Roger T. **Smith** présenta ensuite quelques observations relatives au mémoire de M. Parodi. Examinant l'emploi de la traction électrique pour le transport du charbon dans les districts houillers, M. Smith estime que, malgré les résultats satisfaisant donnés en Italie par les courants triphasés, le courant alternatif simple constitue, dans ce cas, la meilleure solution, surtout lorsqu'on fait de la récupération. Après quelques remarques de M. Robert **Hammond** sur la communication de M. Jullian, M. **Bochet** fit observer qu'en raison de la souplesse de la commande électrique, celle-ci s'impose sur les locomotives avec moteurs à combustion interne qu'on cherche aujourd'hui à introduire sur les voies ferrées.

Le programme de l'après-midi du mercredi prévoyait, d'une part, la visite de l'usine d'Asnières, de la Société Le Triphasé, et de l'usine de Saint-Denis, de la Société d'Électricité de Paris, d'autre part, la descente de la Seine à travers le vieux Paris et la visite de la Manufacture nationale de porcelaine de Sèvres. Inutile de dire que les dames optèrent pour cette dernière visite. Elles furent d'ailleurs suivies par la plupart des congressistes anglais qui, d'après la relation qu'en donnent nos confrères d'outre-Manche, furent enchantés de cette excursion.

Les autres congressistes, au nombre de 120 environ, furent conduits en autobus aux usines précitées. L'usine de Saint-Denis est déjà connue de nos lecteurs par la description qui en a été donnée dans ces colonnes en janvier 1906; ils trouveront, p. 499 à 506 de ce numéro, quelques indications sur les agrandissements dont elle a été l'objet depuis cette époque. Nous reviendrons ultérieurement sur l'usine d'Asnières. La visite de l'usine de Saint-Denis était dirigée par M. Nicolini, directeur de l'usine, et celle de l'usine d'Asnières par M. Brylinski, directeur de la Société Le Triphasé, qui, après avoir fourni aux visiteurs d'intéressantes explications sur le fonctionnement de leurs usines, les conduisirent devant des buffets abondamment pourvus de rafraîchissements excellents.

Le soir, un banquet de 360 convives, auquel avaient bien voulu prendre part un très grand nombre de dames, réunissait les congressistes dans la grande salle du Palais d'Orsay. Au moment du champagne, M. Daniel Berthelot porta un toast à Sa Majesté le Roi d'Angleterre ; M. Duddell y répondit par un toast au Président de la République française; le *God save the King* et la *Marseillaise* furent joués par la musique des Chemins de fer du Nord qui, durant le repas, avait exécuté divers morceaux de son répertoire. A la fin du banquet M. Berthelot puis M. Duddell prononcèrent une courte allocution pleine d'humour.

La soirée qui suivit le banquet permit aux convives d'apprécier les résultats obtenus par M. Gaumont dans ses projections parlantes et ses projections en couleurs; l'une des projections parlantes montrait M. Ch.-Ed. Guillaume, directeur adjoint du Bureau international des Poids et Mesures, faisant une conférence en anglais. Mme Bartet, de la Comédie-Française, M. Chambon, de l'Opéra, Mlles Meunier et Charles, danseuses de l'Opéra, contribuèrent à l'attrait de cette soirée. Mlle Heilbronner, de l'Opéra-Comique, qui devait également y contribuer, en fut malheureusement empêchée par un accident survenu à l'automobile qui l'y conduisait.

Le jeudi 22 mai à 9 heures du matin, M. J.-S. **Highfield** ouvrait la séance consacrée à la discussion de la transmission électrique de l'énergie, par une communication dont un court résumé est donné p. 507 et 508 de ce numéro. Une discussion animée s'engagea ensuite; MM. Thury, le promoteur du système sériecontinu, Boissonnas, Snell, Edgcumbe, Raphaël, Smith, Jenkin, Delon, y prirent part. Puis M. Maurice **Leblanc** fit une remarquable communication sur la transmission par courants triphasés; cette communication, qui n'avait pu être imprimée à l'avance, sera analysée ultérieurement.

En même temps que cette séance avait lieu la visite du laboratoire aérodynamique de M. Eiffel. Quant aux dames elles étaient conduites au Panthéon, aux musées du Louvre et du Luxembourg, à la Conciergerie, la Sainte-Chapelle, Notre-Dame, etc.

Dans l'après-midi les congressistes se séparèrent en deux groupes. L'un se rendit aux magnifiques ateliers que la Compagnie générale des Omnibus de Paris vient de faire édifier rue Championnet et dont ils firent la visite sous la direction de M. Mariage, directeur général de la Compagnie. Ils furent conduits en autobus aux ateliers de réparations du Métropolitain, puis en train spécial aux ateliers de réparations du Nord-Sud et enfin à la sous-station de transformation qui alimente cette ligne [1]. Les autres congressistes se rendirent au sommet de la tour Eiffel où ils furent reçus avec la plus grande

[1] Voir *La Revue Électrique*, t. XVI, 1911, p. 78.



courtoisie par M. Eiflel qui non seulement leur offrit un excellent lunch, mais poussa l'amabilité jusqu'à apposer sa signature sur plusieurs centaines de cartes postales que les congressistes emportèrent comme souvenir. Du sommet de la tour les congressistes descendirent dans le poste de télégraphie sans fil dont ils purent visiter tous les détails sous la conduite du commandant Ferrié. Ensuite, ceux qui ne s'étaient pas trop attardés aux deux visites précédentes, purent visiter les Invalides.

A la séance du vendredi matin 9 heures, tenue au Conservatoire des Arts et Métiers, fut reprise la suite de la discussion sur la traction électrique. M. Marius Latour y fit une communication qui, bien que publiée en anglais, n'a pas été encore publiée en français. M. Gratzmuller présenta ensuite un parallèle entre les avantages de la traction par courant alternatif simple et de la traction par courants triphasés. M. Girousse, ingénieur des Télégraphes, indiqua un dispositif permettant d'éliminer les perturbations causées par les courants de traction sur les lignes téléphoniques. M. L.-F. Esbran, de la Société Westinghouse, présenta quelques remarques sur les résultats de l'application de la traction électrique sur les lignes des États-Unis. M. W. Slingo, ingénieur en chef du Post Office, signale quelques difficultés rencontrées dans l'exploitation des lignes télégraphiques par suite de l'influence des circuits à courant alternatif. Enfin M. Mazen revient sur un inconvénient que présente l'emploi du courant alternatif simple pour l'alimentation des automotrices : l'augmentation des dimensions des moteurs à courant alternatif par rapport à celles des moteurs à courant continu, qui peut n'être pas trop gênante quand il s'agit de locomotives, est au contraire extrêmement embarrassante lorsqu'il s'agit de voitures automotrices où l'emplacement est très limité.

L'après-midi du vendredi fut consacré à une excursion générale à Chantilly. Bien que le soleil n'ait fait que de rares et furtives apparitions, le temps fut suffisamment beau pour laisser de cette excursion une excellente impression. Après la visite du château et de ses magnifiques collections qui, comme on sait, ont été légués à l'Académie des Sciences par le duc d'Aumale, les congressistes se réunissaient à l'hôtel du Grand Condé, où un thé était servi, puis, après une promenade en forêt, ils étaient reconduits à la gare où les attendait le train spécial mis à leur disposition par la Compagnie des Chemins de fer du Nord.

L'ordre du jour de la séance du samedi matin comprenait : une conférence de M. Georges Claude sur l'éclairage par tubes luminescents; une conférence de M. Slingo, du Post Office, sur les dispositifs de téléphonie automatiques essayés à Londres; enfin une conférence du commandant Ferrié sur l'application de la télégraphie sans fil au problème de l'heure. Le programme était donc des plus intéressants; aussi beaucoup de dames, délaissant les visites organisées à leur intention, vinrent-elles à cette séance.

Nous n'avons pas à rappeler les beaux résultats obtenus par M. Claude dans ses recherches sur l'éclairage par le néon, ils ont déjà été exposés ici [1], et l'on trouvera d'ailleurs, page 528 de ce numéro, une analyse d'une communication récente à l'Académie des Sciences où sont indiqués les résultats plus nouveaux. Un court résumé de la conférence de M. Slingo est donné page 526. Quant au problème de l'heure, il a été indiqué l'an dernier à propos de la Conférence de l'heure [2].

A la suite de la conférence de M. Ferrié, M. Turpain, puis M. Abraham firent connaître les résultats obtenus par eux dans leurs recherches sur l'enregistrement des ondes hertziennes. Puis M. Duddell, en quelques mots plein d'esprit, prononça la clôture des travaux techniques du Congrès en remerciant les ingénieurs qui y ont pris part.

A 12 h 30 une dizaine d'autobus emmenaient les congressistes à Versailles. Après une visite rapide du château, ils se rendaient à Trianon-Palace où un thé était préparé; MM. Duddell et Berthelot profitèrent de cette dernière réunion pour féliciter les congressistes, et particulièrement les dames, d'être venus aussi nombreux. Puis les autobus se rendent au champ d'aviation de la Compagnie Blériot, puis au champ d'aviation militaire de la la Compagnie REP où l'on put admirer des vols très réussis de monoplans et de biplans. A 19 h retour à la gare de Versailles (rive gauche) où un train formé de deux des nouvelles voitures de l'État attendait. M. Mazen fit une description sommaire (pages 524 à 526) de ces voitures, où prirent place les congressistes pour le retour à Paris.

On voit par ce rapide aperçu que les organisateurs du Congrès ont su allier dans une juste mesure les travaux techniques et les distractions que nos invités étaient en droit d'attendre. Les articles qu'ont consacrés au Congrès les journaux électrotechniques anglais montrent que leurs efforts ont réussi.

A notre tour, nous nous faisons l'écho des congressistes français pour remercier les ingénieurs anglais d'être venus avec autant d'empressement passer quelques jours en France.

J. Blondin.

---

(1) *La Revue électrique*, t. XII, 1909, p. 367; t. XIV, 1910, p. 466; t. XVI, 1911, p. 442.

(2) *La Revue électrique*, t. XVIII, 1912, p. 409 et 450.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : 7, rue de Madrid, Paris (8e). — Téléph. { 549.49. 549.62.

Syndicats adhérents à l'Union : SYNDICAT DES FORCES HYDRAULIQUES, DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE, DE L'ÉLECTROCHIMIE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES DU NORD DE LA FRANCE; SYNDICAT PROFESSIONNEL DE L'INDUSTRIE DU GAZ (USINES ÉLECTRIQUES DU); SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ; CHAMBRE SYNDICALE DE L'ÉCLAIRAGE ET DU CHAUFFAGE PAR LE GAZ ET L'ÉLECTRICITÉ; CHAMBRE SYNDICALE DES ENTREPRENEURS ET CONSTRUCTEURS ÉLECTRICIENS.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

ONZIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1913.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue d'Édimbourg, 9.
Téléphone : Wagram 07-59.

ONZIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1913.

Cotisations.

Afin d'éviter des frais de recouvrements, MM. les Membres adhérents du Syndicat sont instamment priés de bien vouloir adresser leur cotisation de 1913 au Secrétariat qui leur en délivrera quittance signée du Trésorier.

Les quittances qui n'auront par été retirées avant le 20 juin 1913, seront présentées à domicile par les soins du service des postes, augmentées de 0,50 fr pour les frais. Prière de laisser des indications pour le paiement, en cas d'absence.

Service de placement.

Nous rappelons à MM. les industriels, membres du Syndicat, que le service de placement est à leur disposition en vue de leur signaler des candidats, munis de références, pour les emplois qui seraient vacants dans leur Maison. Nous les prions, en conséquence, de bien vouloir nous signaler le personnel dont ils auraient besoin pour que nous les aidions à le trouver.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre syndicale du 8 mai 1913.

Présidence de M. Marcel Meyer.

La séance est ouverte à 2 h 15 m.

Sont présents : MM. Legouez, ancien président; Meyer, président; Frager, vice-président; G. Meyer et P. Sauvage, secrétaires; André, Bancelin, Berne, Cance, Casanova, Davin Eschwège, Guittard, Hillairet, Iung, Leclanche, Lens, Levis, Rochegrandjean, Schmitt, de la Touanne, Tourtay, Chaussenot, secrétaire général.

Excusés : MM. Grosselin, Minvielle, Portevin, Schwaiberg, Tournaire et Zetter.

Les procès-verbaux des séances des 11 mars et 8 avril publiés respectivement dans *La Revue électrique* des 18 avril et 2 mai, sont adoptés.

REMERCIEMENTS. — M. le Président communique à la Chambre des lettres de remerciements des différents groupements, Syndicats et Chambres de commerce auxquels avait été notifiée la composition du bureau de la Chambre.

ADMISSIONS. — La Chambre prononce les admissions suivantes :

De M. Steiner (Léon), ingénieur électricien, 13, rue des Écoles, à Paris, présenté par MM. Marcel Meyer et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Savary (Paul), sous-inspecteur au Bureau de Contrôle des Installations électriques, 4, rue de Rivoli, Paris, présenté par MM. Marcel Meyer et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Portal (Edmond), ingénieur I. E. G., 161, rue Lecourbe, présenté par MM. Marcel Meyer et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Pinès (Isaac), ingénieur électricien, 6, rue Sommers, à Anvers (Belgique), présenté par MM. Marcel Meyer et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Gondard (Georges), ingénieur électricien, 117, rue Notre-Dame-des-Champs, présenté par MM. Marcel Meyer et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Chavière (Lionel), ingénieur E.P.E.I., 50, rue Vavin, Paris, présenté par MM. Marcel Meyer et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Cachot (Léopold), ingénieur, 5, boulevard Beaumarchais, Paris, présenté par MM. Chaussenot et Ducommun, pour être inscrit à la septième Section;

De M. Vigoureux (Alfred), ingénieur, directeur de l'Usine à gaz de Constantine, présenté par MM. Marcel Meyer et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section;

De MM. J. et A. Millet et Cie, Verreries de Masnières, à Masnières (Nord) inscrits à la cinquième section et représentés par M. Eugène Varet;



De M. Eugène Varet, ingénieur, 170, rue de Mon Désert, à Nancy, présenté par MM. Levis Achille et H. Chaussenot, inscrit à la cinquième Section comme représentant des Verreries de Masnières;

De M. Trachtenberg (Jules), ingénieur en chef des Établissements Dinin, 10, rue Lesueur, présenté par MM. Dinin et Chaussenot, pour être inscrit à la septième Section et suppléer, en cas d'absence, M. Dinin aux réunions de la cinquième Section.

M. le Président informe la Chambre qu'à la suite d'une démarche faite par lui, M. Paul Sailly a bien voulu retirer sa démission et celle de la Maison P. Sailly, Caillet et Cie.

La Chambre est heureuse de cette solution qui met fin à un malentendu et compte que M. Sailly voudra bien apporter à la cinquième Section son concours, notamment pour l'étude des questions d'essais des isolateurs.

La Chambre enregistre la démission de M. Florand, à Lyon qui, malgré les démarches faites auprès de lui, a maintenu la décision qu'il avait prise et dont il avait fait part il y a quelque temps déjà.

Union des Syndicats de l'électricité. — La Chambre prend connaissance du procès-verbal de la séance du Comité en date du 9 avril 1913 qui sera publié dans le numéro de *La Revue électrique* du 16 mai; et de la circulaire relative aux poteaux types pour canalisations aériennes. M. Hillairet fournit quelques renseignements complémentaires sur cette question qui est renvoyée à l'examen de la sixième Section.

La Chambre prend connaissance d'une lettre par laquelle l'Union transmet à notre Syndicat deux projets de cahiers des charges, préparés par la Direction de l'artillerie au Ministère de la guerre, en lui laissant le soin de donner l'avis demandé.

La Chambre charge la première Section d'examiner ces cahiers des charges en vue de la réponse à faire.

Union des Industries métallurgiques et minières. — La Chambre prend connaissance des documents récemment reçus, savoir :

N° 547, Jurisprudence; n° 550, loi du 28 mars 1913 relative à la protection de la propriété industrielle.

Comité central. — M. Legouez indique que parmi les questions dont s'est occupé le Comité central, dans la dernière séance, figure une proposition de loi tendant à favoriser l'industrie nationale à l'occasion des emprunts étrangers; une deuxième question relative à la répartition des salaires et enfin une troisième sur l'usurpation de la qualité de français, pour laquelle il a été chargé de dresser un rapport qui a été approuvé par le Comité.

Syndicat général du Commerce et de l'Industrie. — M. le Président communique à la Chambre une lettre par laquelle M. Muzet, président du Syndicat général l'informe de l'admission de notre Syndicat au nombre des Chambres associées.

Il rappelle que conformément aux Statuts, notre Syndicat doit désigner cinq délégués pour le représenter au Syndicat général et demande à la Chambre de désigner ces délégués. La Chambre désigne comme délégués : M. Marcel Meyer, président; M. Legouez, ancien président, M. Frager, vice-président; M. Chaussenot, secrétaire général et M. Leclanche, membre de la Chambre.

Travaux des Sections. — La *quatrième Section* s'est réunie le 7 avril, pour examiner les affaires qui lui ont été soumises : 1° En ce qui concerne un brevet nouveau de microphone stable et puissant pour lequel l'inventeur demande à entrer en relations avec un constructeur qui n'aurait pas à se référer à un conseil, et dont la vente ne serait pas limitée à la fourniture des Postes de l'État. La Section est d'avis de porter cette offre à la connaissance des membres adhérents.

La Chambre décide d'enregistrer cet avis dans le procès-verbal de la séance publié par *La Revue*.

2° Elle passe à l'ordre du jour en ce qui concerne une offre de vente de brevet relativement à un support pour annuaire téléphonique.

3° En ce qui concerne un questionnaire relatif à l'enquête faite par la Revue « Finance Univers » en vue de savoir si l'industrie française a besoin de capitaux; la Section remet toute décision à une séance ultérieure afin de se documenter plus complètement sur les conditions dans lesquelles la question est posée.

4° En ce qui concerne une proposition faite par un adhérent d'entrer en relations avec une personnalité scientifique qui s'est occupée du projet d'essais et de poinçonnage des compteurs électriques par l'État; la Section estime qu'il est préférable de s'en référer aux décisions qui ont été prises précédemment, c'est-à-dire de s'en tenir au droit commun en instituant, en cas de désaccord entre les consommateurs et les producteurs, une procédure simplifiée et en ramenant la solution des litiges à une expertise.

La *sixième Section* qui s'est réunie en mars a examiné les questions qui lui ont été soumises. En ce qui concerne les conditions d'essais des câbles et fils isolés, l'entente étant faite avec la troisième Section, les membres de la sixième Section demandent que des décisions prises soient communiqués à l'Union des Syndicats en vue de leur approbation et de leur insertion dans la prochaine édition des instructions sur les installations intérieures.

L'attention de la Section a été attirée par son Président sur les cours d'apprentissage créés par le Syndicat pour les apprentis appartenant à des maisons de constructions électriques. Il serait désirable que de semblables cours puissent être créés pour les apprentis des maisons d'installations, mais les difficultés paraissent sensiblement plus grandes. D'une part, les apprentis de ces maisons sont occupés sur des chantiers divers et qui peuvent se trouver fort éloignés des locaux où se feraient les cours; d'autre part les maisons d'entreprises électriques n'étant pas groupées dans un quartier et chacune d'elles n'ayant en général qu'un petit nombre d'apprentis, il paraît difficile de trouver un point suffisamment central et d'y réunir un nombre d'élèves suffisant pour assurer le fonctionnement du cours. Malgré ces conditions paraissant peu favorables en principe, la Section estime qu'il y a lieu d'étudier la question avec les installateurs intéressés en vue de réaliser un premier essai avec leur concours.

A la suite d'une communication faite par un adhérent relativement à la transmission des certificats d'ouvriers, la Section croit devoir recommander aux installateurs de s'assurer avec soin de la régularité des certificats qui leur sont présentés lors de l'embauchage.



La *septième Section* a tenu sa réunion mensuelle au cours de laquelle elle a examiné les questions à l'étude et remis à une prochaine réunion les décisions s'y rapportant.

Questions spéciales. — M. le Président rappelle à la Chambre l'intérêt particulier que présentera l'Exposition qui doit s'ouvrir à Lyon en mai 1914. D'autre part, l'Union des Syndicats de l'Électricité a attiré l'attention des groupements adhérents sur les avantages qu'il y aurait à profiter de cette Exposition pour faire connaître au public les applications nombreuses et diverses réalisées par les Maisons françaises, afin de lui démontrer que l'industrie nationale est en mesure de répondre à tous les besoins sans qu'il soit nécessaire de s'adresser aux constructeurs étrangers.

Il rappelle que dans sa séance précédente, la Chambre a décidé le principe d'une participation de notre Syndicat à cette Exposition, et a chargé M. Sauvage d'en étudier la formule. Le Président soumet à la Chambre le programme élaboré par M. Sauvage; la Chambre décide que ce programme sera communiqué aux Présidents de Sections et qu'après examen, une Commission formée du bureau de la Chambre, dont M. Sauvage fait partie, des Présidents et de délégués des Sections se réunira pour dresser un programme définitif.

Banquet de l'Union des Syndicats de l'Électricité. — M. le Président indique que le banquet de l'Union des Syndicats de l'Électricité a été fixé au 2 juin 1913, par M. le Ministre des Travaux publics qui en a accepté la présidence. Des invitations, dont il présente la liste, ont été adressées aux personnalités avec lesquelles nous sommes en rapports, et il attire en conséquence l'attention de la Chambre et de tous les adhérents du Syndicat sur l'intérêt qu'il y a à assister nombreux au banquet afin d'assurer aux invités une réception imposante et en rapport avec l'importance des industries que représente notre Syndicat.

A l'occasion de ce banquet, des distinctions honorifiques ont été demandées par divers adhérents en faveur de leur personnel. Des médailles d'honneur du Travail ont été sollicitées et des démarches sont faites pour que ces récompenses puissent être distribuées par le Ministre à l'issue du banquet.

D'autre part le Bureau de la Chambre a examiné les demandes de Médailles d'argent et de bronze qui lui ont été faites par des membres adhérents en faveur de leur personnel. Sur sa proposition la Chambre accorde ces médailles et décide qu'elles seront proclamées à l'issue du banquet.

Annuaire 1913. — La Chambre prend connaissance d'une proposition de M. Rochegrandjean émettant l'avis de réunir sur un seul annuaire les différents Syndicats affiliés à l'Union et les Associations ou Sociétés d'ingénieurs électriciens. La Chambre décide que cette proposition sera communiquée à l'Union des Syndicats de l'Électricité. Relativement à l'Annuaire de 1913 en préparation, M. le Président signale qu'un certain nombre d'annonces ont déjà été souscrites, mais en nombre insuffisant. Il insiste, en conséquence, auprès des adhérents pour qu'ils nous apportent leur concours afin d'assurer le succès de cette publication qui présente un intérêt particulier pour la propagande. Il signale qu'une circulaire a été envoyée à tous les adhérents pour la vérification de leur inscription et pour leur demander en même temps des renseignements utiles pour des statistiques à établir en vue de l'action du Syndicat.

Il compte sur leur obligeance pour répondre aussi complètement et aussi rapidement que possible.

Correspondance. — M. le Président donne communication à la Chambre des lettres suivantes :

Lettre de la Direction de l'artillerie au Ministère de la Guerre envoyant deux projets de cahiers des charges pour des groupes d'électrogène et des projecteurs sur chariot. (Cette demande nous a été communiquée également par l'Union des Syndicats de l'Électricité.) La Chambre décide de renvoyer ces projets à la première Section afin qu'elle les examine en vue de la réponse à faire.

Lettre de la Chambre de Commerce de Paris communiquant la demande d'un fabricant de verreries de Bohême, demandant un représentant. Cette lettre est déposée au Secrétariat à la disposition des adhérents que la question intéresse.

Lettre d'un ingénieur de Bruxelles demandant à grouper des représentations en vue de s'occuper de la vente du matériel dans l'Amérique du Sud. La Chambre estimant qu'il n'y a pas lieu, pour elle, de donner suite à cette proposition; le dossier sera déposé au Secrétariat où les adhérents intéressés pourront en prendre communication.

La Chambre prend connaissance d'une demande de participation à une proposition pour l'abaissement du tarif postal international de 0,25 à 0,10.

La Chambre estimant que cette modification aurait une répercussion très grande, au point de vue financier, décide qu'il n'y a pas lieu pour elle de prendre position jusqu'à nouvel ordre.

Questions financières. — M. le Président signale qu'en raison du renouvellement du bureau, il y a lieu de régulariser les pouvoirs donnés pour le fonctionnement du compte de banque. — La Chambre, conformément aux dispositions arrêtées précédemment, donne tous pouvoirs à MM. *Marcel Meyer*, président, et *Minvielle*, trésorier, pour faire fonctionner les comptes du Syndicat au Crédit lyonnais. (En cas d'absence ou d'empêchement de l'un d'eux, M. *Larnaude*, vice-président, le suppléera. Les pouvoirs nécessaires lui sont donnés dès maintenant à cet effet. Le Secrétaire général, M. *Chaussenot*, est autorisé à assurer les relations de service.)

Questions législatives. — La Chambre prend connaissance des documents ci-après qu'elle renvoie à l'examen de la Commission législative :

N° 2423. Rapport par M. Lauché;

N° 2677. Proposition de loi ayant pour but de prélever sur la force motrice une taxe par cheval-vapeur;

N° 2674. Rapport par M. Lenoir;

N° 1329. Proposition de loi sur les retraites ouvrières et paysannes;

N° 93. Proposition de loi sur les Sociétés par actions;

N° 47. Proposition de loi relative à l'enseignement technique;

N° 2435. Rapport sur l'enseignement technique.

La séance est levée à 3 h 30 m.

Le Secrétaire général,
H. Chaussenot.

Le Président,
M. Meyer.



Bibliographie.

MM. les Membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les Annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° *Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans les immeubles et leurs dépendances*;

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;

7° Le Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 200 volts;

8° La brochure sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

9° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat professionnel des industries électriques (édition de 1907);

10° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Annuaire* de 1912, p. 104);

11° L'affiche « Conseils pour éviter la tuberculose »;

12° Affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

13° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et les principaux décrets, arrêtés, circulaires relatifs à l'application de cette loi (par brochures séparées);

14° *Arrêté technique du* 21 *mars* 1911, en application de la loi du 15 juin 1906;

15° Imprimés préparés pour *demandes de concession* de distribution d'énergie électrique (conformes au Cahier des charges type);

16° États de renseignements à fournir à l'appui d'une demande (annexe n° 3 à la circulaire ministérielle du 25 octobre 1908);

17° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris;

18° Renseignements relatifs à l'application de la loi du 5 avril 1901 sur les retraites ouvrières et paysannes;

19° Renseignements relatifs au fonctionnement de la Caisse syndicale de retraites des forges, de la construction mécanique, des industries électriques et de celles qui s'y rattachent.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.
Téléphone : 225-92.

ONZIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1913.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre syndicale du 29 avril 1913.

Présents : MM. Eschwège, président; Berthelot, Bizet, Brachet, Javal, vice-présidents; Chaussenot, secrétaire-adjoint; Sée, de Tavernier, Widmer.

Absents excusés : MM. Fontaine, secrétaire général; Azaria, Cordier, Legouez, Tricoche.

Il est rendu compte de la situation de caisse.

NÉCROLOGIE. — M. le Secrétaire a le regret de faire part du décès de Mme Janvier, épouse de M. Georges Janvier, notre collègue, et de M. Farineault, membre correspondant du Syndicat. Les condoléances de la Chambre Syndicale ont été exprimées.

CORRESPONDANCE ET TRAVAUX INTÉRIEURS. — La correspondance a porté principalement sur les questions de frais de contrôle, modifications au cahier des charges, contraventions, canalisations, régime des rivières, droit de couper le courant.

Des adhésions ont été sollicitées et obtenues.

Le service de placement a indiqué 15 offres, 14 demandes et 6 placements.

ADMISSIONS. — M. le Président donne la parole à M. le Secrétaire-adjoint pour faire part des propositions d'admission.

BANQUET DE L'UNION. — M. le Président indique que le banquet de l'Union des Syndicats de l'Électricité doit avoir lieu le 2 juin à l'Hôtel continental. Des circulaires seront envoyées à tous les adhérents pour solliciter leur adhésion. M. le Président espère qu'ils seront nombreux, afin de faire bon accueil aux hautes personnalités qui ont bien voulu accepter les invitations qui leur ont été faites.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE. — M. le Président rappelle que, conformément à l'usage établi, l'assemblée générale du Syndicat doit avoir lieu le même jour que le banquet. Il propose, en conséquence, de fixer l'assemblée générale à 2 heures. En ce qui concerne l'endroit de la réunion et après échange de vues entre les membres présents, la Chambre syndicale décide que l'assemblée aura lieu dans la salle habituelle des séances de la Chambre syndicale.

M. le Président rappelle le désir manifesté déjà plusieurs fois par les adhérents que l'assemblée ait lieu quelquefois hors Paris. Il estime qu'il serait intéressant de profiter de l'Exposition qui doit avoir lieu en 1914 à Lyon pour proposer que l'Assemblée de 1914 ait lieu à Lyon ou dans la région.

La Chambre syndicale approuve cette proposition. Elle fixe comme suit l'ordre du jour de l'assemblée du 2 juin :

1° Ouverture de l'assemblée par le Président;

2° Compte rendu du Secrétariat sur les travaux de l'exercice;

3° Rapport des Trésorier et Vérificateurs;

4° Élection de la Chambre syndicale (art. 21 des statuts);

5° Élection des Vérificateurs pour 1913;

6° Proposition à faire pour l'assemblée générale de 1914 (art. 25 § 3 des statuts).

DOCUMENTS OFFICIELS. — Les documents suivants sont communiqués à la Chambre syndicale :

Loi modifiant les articles 7, 57 et 140 du Livre II du code du Travail et de la Prévoyance sociale (*Journal officiel* du 6 mars 1913). — Arrêté préfectoral modifiant l'art. 82 de l'arrêté réglementaire du 8 juin 1909 sur les installations intérieures d'électricité (*Bulletin municipal officiel* de la Ville de Paris du 6 avril 1913).

M. le Secrétaire indique également que les documents



suivants ont été publiés au *Journal officiel* depuis la dernière séance :

Proposition de loi tendant à modifier l'article 4 de la loi des 9 avril 1898 et 31 mars 1905 sur la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail, en ce qui concerne la fourniture des appareils permettant de se servir du membre mutilé, présentée par MM. Doizy et Lauche, députés. — Proposition de loi ayant pour objet d'assurer aux travailleurs un repos hebdomadaire nécessaire par l'institution de la « semaine anglaise », présentée par M. Édouard Vaillant et ses collègues. — Proposition de loi tendant à la modification des articles 3, 16 et 23 de la loi du 5 avril 1910, sur les retraites ouvrières et paysannes, présentée par M. Ernest Lairolle, député. Proposition de loi concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes (modifications des articles 9 et 19 de la loi du 9 avril 1898), présentée par M. Lenoir, député. — Proposition de loi tendant à compléter l'article 22 de la loi du 9 avril 1898, concernant les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail, présentée par M. Félix Chautemps (Savoie), député. — Rapport fait au nom de la Commission du Travail chargée d'examiner la proposition de loi de M. Paul Aubriot et plusieurs de ses collègues, tendant à modifier l'article 36 du code du Travail et de la Prévoyance sociale, par M. Lemire, député. — Proposition de loi tendant à modifier et à compléter les articles 8, 10, 13, 15, 16, 17, 19, 22 et 23 de la loi des 9 avril 1898 et 31 mars 1905 sur la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail, présentée par M. Lauche et ses collègues. — Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner la proposition de loi, adoptée par la Chambre des députés, ayant pour objet de modifier l'article 3 de la loi du 17 mars 1909 relative à la vente et au nantissement des fonds de commerce, par M. Cordelet, sénateur. — Rapport supplémentaire fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi adopté par la Chambre des députés, relatif aux usines hydrauliques établies sur les cours d'eau et canaux du domaine public, par M. Cazeneuve, sénateur. — Proposition de loi portant modification des articles 14 et 24 de la loi du 27 mars 1907, relative aux Conseils de prud'hommes, présentée par M. Cachet, sénateur. — Rapport fait au nom de la Commission du Travail chargée d'examiner le projet de loi relatif aux conventions collectives du travail, par M. Arthur Groussier, député. — Proposition de loi adoptée par la Chambre des députés, adoptée avec modifications par le Sénat, ayant pour objet de modifier l'article 3 de la loi du 17 mars 1909, relative à la vente et au nantissement des fonds de commerce, transmise à la Chambre des députés au nom du Sénat, par M. le Président du Sénat. — Rapport fait au nom de la Commission du Travail chargée d'examiner la proposition de loi de M. Charles Leboucq, tendant à compléter l'article 1780 du code civil et à proportionner la durée du préavis pour le congé à l'ancienneté des services rendus par l'ouvrier ou l'employé, par M. André Porteu, député. — Proposition de loi tendant à assurer à tout salarié d'un établissement industriel ou commercial, d'une profession libérale ou au service d'un particulier, huit jours de congé continus par an, présentée par M. Georges Bureau et ses collègues.

ENQUÊTE SUR LA SEMAINE ANGLAISE. — La Chambre syndicale prend connaissance des lettres et questionnaire relatifs à l'enquête sur l'adoption de la semaine anglaise dans l'industrie. La Chambre syndicale estime que cette question n'intéresse pas directement les adhérents, mais que le Syndicat appuiera les décisions de l'Union des Industries métallurgiques et minières.

RAPPORTS DES CHAMBRES DE COMMERCE. — M. le Président dépose sur le bureau de la Chambre syndicale les rapports suivants :

Rapport de M. Pascalis sur les établissements dangereux, insalubres ou incommodes, dont les conclusions ont été adoptées par la Chambre de Commerce de Paris.

Rapport de M. Abel Hervet sur la création d'une taxe corporative d'apprentissage dont les conclusions ont été adoptées par la Chambre de commerce de Bourges.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE. — La Chambre syndicale ratifie l'adhésion qui a été donnée à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

COMITÉ ÉLECTROTECHNIQUE FRANÇAIS. — M. le Président communique à la Chambre syndicale les fascicules envoyés par le Comité électrotechnique français.

CONGRÈS DES INGÉNIEURS ÉLECTRICIENS. — M. le Président informe la Chambre syndicale qu'un Congrès des ingénieurs électriciens d'Angleterre et de France, organisé par la Société internationale des Électriciens, doit avoir lieu du 21 au 24 mai. Il attire l'attention des membres du Syndicat sur l'intérêt que présente cette réunion et sur la nécessité de nombreuses adhésions, afin d'assurer à nos collègues d'Angleterre une réception aussi brillante que celle qu'ils nous ont faite en 1906.

RELATIONS AVEC LES ASSOCIATIONS. — Le Syndicat professionnel des Industries électriques et le Syndicat des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs de France ont fait connaître la composition de leur Bureau pour l'exercice 1913.

RELATIONS AVEC LES ASSOCIATIONS ÉTRANGÈRES. — M. le Président indique qu'il compte profiter du séjour à Paris des ingénieurs électriciens anglais pour entamer avec eux les relations désirées par le Syndicat.

UNION DES INDUSTRIES MÉTALLURGIQUES ET MINIÈRES. — M. le Président remet aux membres présents les documents suivants émanants de cette Union :

N° 545. Questions sociales et ouvrières.

N° 547. Jurisprudence spéciale aux accidents du travail.

N° 548. Rapport présenté par le Bureau du Comité de l'Union à l'assemblée générale du 18 février 1913.

N° 549. La jurisprudence sur l'application des droits d'octroi à l'outillage industriel.

N° 550. Loi du 28 mars 1913, portant approbation des conventions signées à Washington pour la protection internationale de la propriété industrielle.

COURS D'ÉLECTRICITÉ. — La Chambre syndicale, après avoir pris connaissance de la lettre de M. D. Augé, secrétaire général de la Fédération professionnelle des mécaniciens chauffeurs-électriciens, autorise le paiement de la subvention de 1911 qui n'avait pas été encaissée et accorde la même subvention pour l'exercice 1912.

CONGRÈS POUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA DÉFENSE DES INDUSTRIES NATIONALES. — Après avoir pris connaissance de la demande de collaboration à ce Congrès, la Chambre syndicale, estimant que la question ne présente pas d'intérêt direct pour le Syndicat, passe à l'ordre du jour.

EXPOSITION DE GAND. — La Chambre syndicale prend connaissance de la lettre de M. Sartiaux, président du groupe V de l'Exposition de Gand, indiquant l'organisation de trains spéciaux à l'occasion de l'inauguration de la Section française qui doit avoir lieu le 5 mai.

EXPOSITION DE LYON EN 1914. — La Chambre syndicale approuve en principe la participation du Syndicat à l'Exposition de Lyon dans les conditions habituelles.

OFFICE NATIONAL DU COMMERCE EXTÉRIEUR. — La Chambre syndicale prend connaissance d'une communication de l'Office national du commerce extérieur, relative à la création à Santiago d'une succursale d'une entreprise étrangère d'électricité.

CONCOURS ET EXPOSITIONS. — M. le Président communique les circulaires et les publications diverses relatives à des concours et à des exposition régionales en 1913, notamment :

Exposition-Concours du Béarn, à Pau;

Exposition de l'ouest de la France, à Brest;

Concours agricole de Carcassonne;

Comice agricole de Meaux.

La Chambre syndicale estime que le Syndicat ne peut y participer, mais qu'il y a lieu de les signaler aux adhérents.

BROCHURES DE PROPAGANDE. — Après avoir pris connaissance des différentes brochures de propagande qui ont été envoyées au Syndicat, la Chambre décide de les transmettre à la Commission d'étude des questions nouvelles, afin qu'elle s'en inspire pour l'étude qu'elle a entreprise sur la même question.

BIBLIOGRAPHIE. — M. le Secrétaire dépose sur le bureau de la Chambre syndicale les Ouvrages suivants qui ont été offerts au Syndicat :

Rapport de M. Pinot sur la classe 64 *bis*, Section française, de l'Exposition universelle et internationale de Bruxelles 1910.

Recueil des « Lois, règlements et cahiers des charges relatifs à l'industrie électrique, édité par MM. Geoffroy et Delore.

Premier numéro de la Revue « l'Electricité », éditée par M. Steimann.

« Light, its use and misuse », brochure publiée par Illuminating Engineering Society.

Annuaire de l'Association suisse des électriciens pour l'exercice 1912-1913.

COMMUNICATIONS DIVERSES. — La Chambre syndicale prend connaissance des diverses circulaires envoyées par différentes associations et groupements syndicaux.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Commission technique du 12 avril 1913.

Présents : MM. Brylinski, président d'honneur; Eschwège, président du Syndicat; Tainturier, président de la Commission; Fontaine, secrétaire général; Armagnat, Bitoozet, Buffet, Daguerre, della Riccia, Izart, Lebaupin, Lecler, Martin, Nicolini, Paré, Prat, Rieunier, A. Schlumberger, Villiers.

Absents excusés : MM. Aubert, Bizet.

UNIFICATION DES PRISES DE COURANT. — Le rapport de M. Buffet qui avait été lu à la précédente séance sera renvoyé devant une Commission intersyndicale. Il sera intéressant d'arriver à l'unification de la distance des broches, et surtout à la protection de l'entrée des parties femelles, afin d'éviter les courts circuits qui se produisent fréquemment avec les dispositions actuelles.

SERVICES AUXILIAIRES DES CENTRALES. — M. Rieunier, qui attend pour conclure les résultats d'essais en cours, présentera son rapport à la séance de juin.

EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ EN AGRICULTURE. — La Sous-Commission présidée par M. Lecler se réunira prochainement. M. Eschwège signale à ce propos qu'une Société se constitue sous les auspices de M. Gourdeau pour faire des essais de labourage électrique. Si les résultats sont satisfaisants, cette Société entreprendra le labourage à façon.

CAHIER DES CHARGES DE RÉCEPTION DES ISOLATEURS. — La Sous-Commission se réunira dès que la documentation que doivent apporter MM. Cotté et Schlumberger sera suffisante.

QUESTIONS NOUVELLES : LIMITEURS DE TENSION. — M. Schlumberger, qui étudie actuellement ces appareils, veut bien se charger de présenter un rapport sur la question, ainsi que sur les qualités de résistance au sable, sur lesquelles certains membres de la Commission ne sont pas d'accord.

M. Eschwège demande quelle est la tension limite que l'on peut obtenir directement aux bornes d'un turbo-alternateur. De l'avis général il semble que le point critique oscille entre 10000 et 12000 volts suivant la vitesse angulaire de l'alternateur. Au-dessus de 12000 volts il est difficile de trouver des constructeurs acceptant cette condition.

BIBLIOGRAPHIE. — M. le Président donne connaissance d'une brochure envoyée par l'intermédiaire de M. Blondel, traitant de la répartition la plus favorable de l'éclairage électrique.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 15 mai 1913.

Membres actifs.

MM.

CHEVREL (Alexandre), directeur de l'usine d'électricité de la Forge, Putanges (Orne), présenté par MM. Prugnaud et Eschwège.

DEBELFORT (Pierre Henri), ingénieur des Arts et Manufactures, station électrique de Mascara (Algérie), présenté par MM. Charne et Chrétien.

FOURNIER (Henri Victor), ingénieur, 76, rue de l'Abbé-Groult, Paris, présenté par MM. Cordier et Fontaine.

Membres correspondants.

MM.

ASSEMAT (Paul-Louis), ingénieur électricien, 22,



place du Salin, Toulouse, présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

BERNUS (Augustin), Ingénieur, 12, avenue Baudin, Limoges (Haute-Vienne), présenté par MM. Hervou et Fontaine.

DELAMARE (Albert), ingénieur directeur de la Maison Landis et Gyr, 2 et 2 *bis*, rue Félix-Ziem, Paris, présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

HOUG (J.-A.), électricien, 182, faubourg Saint-Martin, Paris, présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

MERLET (Maurice), ingénieur à l'Énergie électrique du Sud-Ouest, 53, rue de la Gatine, Angoulême, présenté par MM. Eschwège et Fontaine.

Usines.

SOCIÉTÉ PROVINCIALE D'ÉLECTRICITÉ, 13, rue Pasquier, Paris.

Usine électrique de Mascara (Algérie).

Bibliographie.

1° Collection complète des Bulletins de 1896 à 1907;

2° Loi du 9 avril 1898, modifiée par les lois des 22 mars 1902 et 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail;

3° Décrets portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 9 avril 1898;

4° Circulaire ministérielle du 24 mai 1911, relative aux secours à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs d'énergie électrique (affiche destinée à être apposée exclusivement à l'intérieur des usines et dans leurs dépendances);

5° Circulaire analogue à la précédente (affiche destinée à être apposée à l'extérieur des usines, à la porte des mairies, à l'intérieur des écoles et dans le voisinage des lignes à haute tension);

6° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray;

7° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs;

8° Rapport de la Commission des compteurs, présenté au nom de cette Commission par M. Rocher au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903;

9° Rapport de la Commission des compteurs relatif aux réponses des constructeurs de compteurs aux *desiderata* qui leur ont été soumis par la Commission;

10° Modèle type de bulletin de commande de compteurs;

11° Décret sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques;

12° Loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie, et les principaux décrets, arrêts et circulaires pour l'application de cette loi;

13° Modèle de police d'abonnement;

14° Calculs à fournir dans l'état de renseignements joint à une demande de traversée de voie ferrée par une canalisation électrique aérienne;

15° Guide juridique et administratif des entrepreneurs de distributions d'énergie électrique pour l'application de la loi du 15 juin 1906 et de ses annexes, par Ch. Sirey;

16° Instructions générales pour la fourniture et la réception des machines;

17° Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 2000 volts;

18° Communication de M. Zetter sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

19° Cahier des charges type pour le cas de concession par communes;

20° Instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques de la première catégorie dans les immeubles et leurs dépendances;

21° Instructions sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques (Arrêté de M. le Ministre du Travail du 19 août 1912).

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations, comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Législation et réglementation. — Arrêté fixant, pour l'année 1913, les frais de contrôle dus à l'État par les Entrepreneurs de distributions d'énergie électrique établies en vertu de permissions ou de concessions, p. 532.

Jurisprudence et contentieux. — Procès-verbaux des séances du Comité consultatif des 7 avril et 5 mai 1913, p. 532 et 534.

Chronique financière et commerciale. — Nouvelles Sociétés, p. XLII. — Premières nouvelles sur les installations projetées, p. XLIX. — Demandes d'emplois, p. XLV.



GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Usine génératrice de Saint-Denis de la Société d'Électricité de Paris.

Cette usine génératrice, construite en 1904-1905, et partiellement mise en service à la fin de l'année 1905, a déjà été l'objet d'une description dans ces colonnes. Mais depuis cette description, plusieurs nouvelles unités génératrices ont été installées, en particulier un turbo-générateur de 20 000 chevaux, qui a été récemment mis en service. Nous profiterons de ce que l'usine de Saint-Denis a été, ces jours derniers, l'objet de la visite d'ingénieurs électriciens anglais, et de nombreux ingénieurs français, pour dire quelques mots de ce nouveau groupe électrogène et retracer dans ses grandes lignes l'organisation générale de l'usine de Saint-Denis.

1° Généralités. — Rappelons tout d'abord que l'usine de Saint-Denis est équipée pour fournir l'énergie électrique sous deux formes : sous forme de courants triphasés à 10 250 volts, et à la fréquence 25 p : s, et sous forme de courants diphasés à 12 300 volts et à la fréquence 41,66 p : s, fréquence qui est avec la précédente dans le rapport de 10 à 6. Les courants triphasés servent à l'alimentation de sous-stations de transformation de courant alternatif en courant continu qui à leur tour alimentent les lignes du Métropolitain ou certains réseaux d'éclairage. Les courants diphasés sont utilisés, après réduction de la tension par transformateurs statiques, pour venir en aide aux usines génératrices qui desservaient ou desservent encore certaines parties du réseau de distribution d'éclairage et de force motrice de Paris



Fig. 1. — Vue d'ensemble de la salle des machines de l'usine de Saint-Denis, de la Société d'Électricité de Paris.

Pour éviter que cette dualité de la tension et de la fréquence des courants produits n'entraînât l'installation de trop nombreux groupes de réserve, deux solutions sont utilisées.

L'une consiste à transformer l'une des espèces de courant dans l'autre espèce au moyen de groupes moteurs-générateurs constitués par un alternateur triphasé et un alternateur diphasé dont le nombre des pôles est dans le rapport de 6 à 10, et qui sont montés sur un même arbre; si à un moment donné la puissance produite en triphasé dépasse la demande, et que la puissance pro-

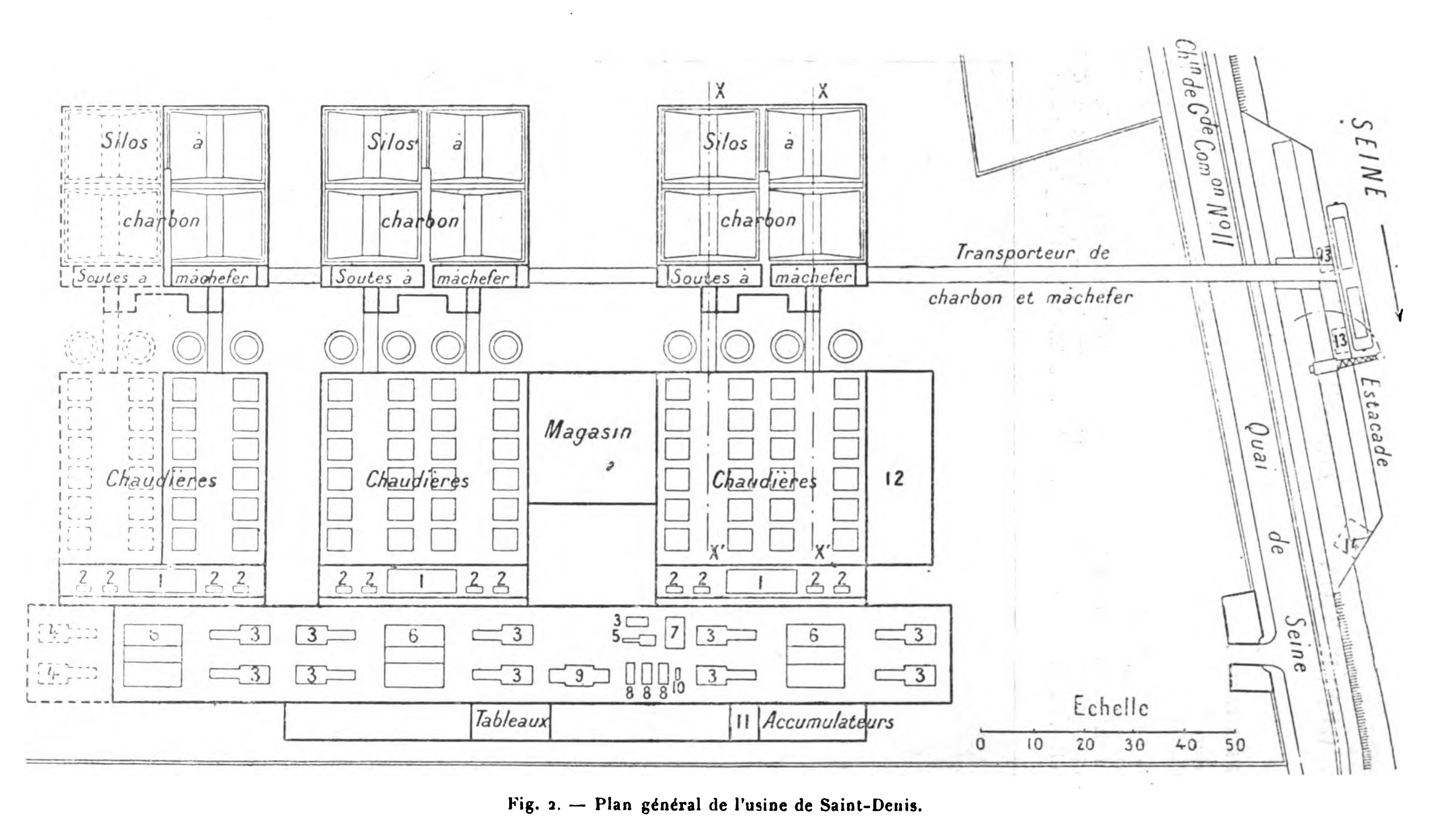


Fig. 2. — Plan général de l'usine de Saint-Denis.

1, 1, 1. Pompes d'alimentation des chaudières; 2, 2, 2. Compteurs d'eau de condensation; 3, 3. - 4, 4. Turbo-alternateur de 5000-6000 et 11000-15000 kilowatts; 5. Turbo-dynamo de 300 kilowatts, 230 volts; 6, 6, 6. Fosses des machines auxiliaires des turbo-alternateurs; 7. Fosse des machines auxiliaires de la turbo-dynamo; 8, 8. Groupes convertisseurs alternatif-continu; 9. Groupe convertissenr triphasé-diphasé-continu; 10. Survolteur; 11. Bureau; 12. Réfectoire, cantine, bains, ateliers, bureau; 13. Chambres des galeries de prise d'eau; 14. Chambre des galeries d'évacuation.

duite en diphasé se trouve au contraire inférieure à la puissance demandée, on alimente le groupe transformateur en triphasé et l'on recueille du diphasé.

La seconde solution est fournie par l'installation de deux groupes générateurs formés chacun d'une turbine et de deux alternateurs montés sur le même arbre, l'un des alternateurs étant à courants triphasés, l'autre à courants diphasés. Suivant les besoins, on excite l'un ou l'autre de ces alternateurs, le second tournant à vide.

Rappelons encore que, outre ces deux formes de courants alternatifs, l'usine produit encore du courant continu tant pour l'excitation des alternateurs, que pour les besoins des services auxiliaires de l'usine.

Quant aux divisions de l'usine actuelle, elles sont telles qu'elles avaient été prévues en 1904. Il y a en somme trois usines juxtaposées, chaque usine comprenant : un bâtiment pour l'emmagasinement du charbon, une chaufferie une salle des pompes, et une partie de la grande salle des machines que représente la figure 1. Le plan que donne la figure 2, indique suffisamment cette disposition pour qu'il soit inutile d'insister. Ajoutons toutefois que l'usine comprend encore quelques autres bâtiments accessoires non dessinés sur ce plan, et renfermant : les bureaux, les bains douches, les appartements des ingénieurs et chefs de service, etc. Dans l'un de ces bâtiments a été récemment installée une briqueterie où les machefers sont utilisés à la confection de briques silico-calcaires par leur mélange avec une proportion convenable de chaux. Cette briqueterie contient 4 presses à plateaux pouvant fournir 50 000 briques par jour; ces briques sont cuites dans des étuves à vapeur.

2° MANUTENTION DU CHARBON. — La plus grande partie du combustible arrive par la Seine (1). L'appontement primitif a du être allongé pour permettre le déchargement simultané de deux bateaux de grande capacité. Ce déchargement est effectué au moyen de trois grues à bennes piocheuses dont deux d'une capacité de 40 tonnes à l'heure et la troisième (en installation) de 80 tonnes à l'heure.

Le charbon est déversé dans des trémies qui le laissent tomber sur une table sans fin, parallèle au quai. Il est alors repris par un double transporteur à godets qui l'amène dans l'une des six trémies qui se trouvent en façade des bâtiments des silos. Au bas de ces trémies, il est reçu dans les godets d'un nouveau transporteur qui l'élève jusqu'au sommet du bâtiment et le déverse dans les silos, dont la contenance totale est de 32 000 tonnes.

Pour reprendre le charbon des silos on utilise le même transporteur, lequel passe dans une galerie située au-dessous des silos et suivant l'axe de ceux-ci; des portes ménagées dans la galerie permettent le remplissage des godets revenant vers la façade. Là, le charbon tombe dans un concasseur, puis dans un peseur-enregistreur, et il est repris par un troisième transporteur à godets qui le déverse dans les trémies d'alimentation des chaudières.

(1) Il en arrive aussi une certaine quantité par chemin de fer. Des voies ferrées, d'une longueur de 2140 m, permettent de l'amener dans les magasins de réserve. Des bascules de 60 tonnes servent au contrôle des arrivages.

3° MANUTENTION DES CENDRES ET MACHEFERS. — Ce dernier transporteur revient vers le bâtiment des silos par une galerie située au-dessous de la salle des chaudières. Les cendres et mâchefers sont, après refroidissement, jetés à la pelle dans les godets et se trouvent ainsi amenés dans des silos d'une contenance totale de 15 000 tonnes. Pendant plusieurs années ces résidus ont servi à remblayer le terrain avoisinant l'usine; nous avons dit plus haut qu'ils sont aujourd'hui utilisés à la fabrication de briques.

4° ALIMENTATION DES CONDENSEURS. — Une chambre de filtration des eaux comprenant des panneaux grillagés à travers lesquels circule l'eau destinée à la condensation est placée à proximité de la Seine, avec laquelle elle communique par deux galeries ovoïdes. Cette chambre est munie de vannes pour son nettoyage et d'un pont roulant électrique de 7 tonnes pour l'enlèvement des dépôts.

De cette chambre l'eau est amenée au-dessous des fosses des turbines par deux galeries dont on voit la coupe à la partie inférieure de la figure 3. Des pompes centrifuges à axe vertical, commandées par des moteurs électriques de 120 ou de 240 chevaux, puisent cette eau dans des puits en communication avec les galeries d'amenée, et la refoulent dans les tubes des condenseurs. En sortant des condenseurs, l'eau est rejetée dans deux autres galeries dont on voit la coupe dans la partie médiane de la figure 3 et retourne à la Seine.

5° ALIMENTATION DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR. — L'alimentation est assurée par un ensemble d'appareils installés dans les trois salles de pompes. Ces appareils sont :

a. Deux pompes Rateau à commande électrique débitant chacune 130 m^3 : h, situées dans la première salle; deux pompes identiques dans la seconde salle; deux autres dans la troisième.

b. Deux pompes de secours à piston Weir, type marine d'un débit individuel de 120 m^3 : h, installées dans la première salle; deux pompes identiques dans la seconde.

c. Une pompe centrifuge Laval de 75 m^3 : h, placée dans la troisième salle.

d. Quatre épurateurs ayant un débit de 8 m^3 : h, installés dans les deux premières salles; ils servent à compenser les pertes d'eau de condensation.

e. Dix compteurs Schilde placés sur le retour d'eau de condensation des turbo-alternateurs de 6000 kw.

f. Un enregistreur-intégrateur Lea Recorder installé sur le retour d'eau de condensation du turbo-alternateur de 15 000 kw.

6° GÉNÉRATION DE LA VAPEUR. — Dans les trois chaufferies actuelles sont réparties 56 chaudières Babcock et Wilcox, type marine de 420 m^2 de surface de chauffe, timbrées à 16 kg : cm^2 de pression effective, munies chacune de deux grilles automatiques à chaînes et d'un surchauffeur permettant de porter la température de la vapeur à 530°. La production horaire totale de ces générateurs est de 494 000 kg de vapeur à l'allure normale et de 608 000 kg à l'allure poussée.

Au sortir des chaudières les gaz des foyers passent dans des économiseurs Green; pour 44 de ces appareils la surface de chauffe est de 160 m^2; pour les 12 autres, les plus récemment installés, la surface de chauffe atteint 240 m^2.


11...



Le tirage naturel est assuré par 8 cheminées de 55 m de hauteur au-dessus des grilles des chaudières et de 3,25 m de diamètre intérieur au sommet, et par 2 cheminées en ciment armé, système Monnoyer, de 90 m

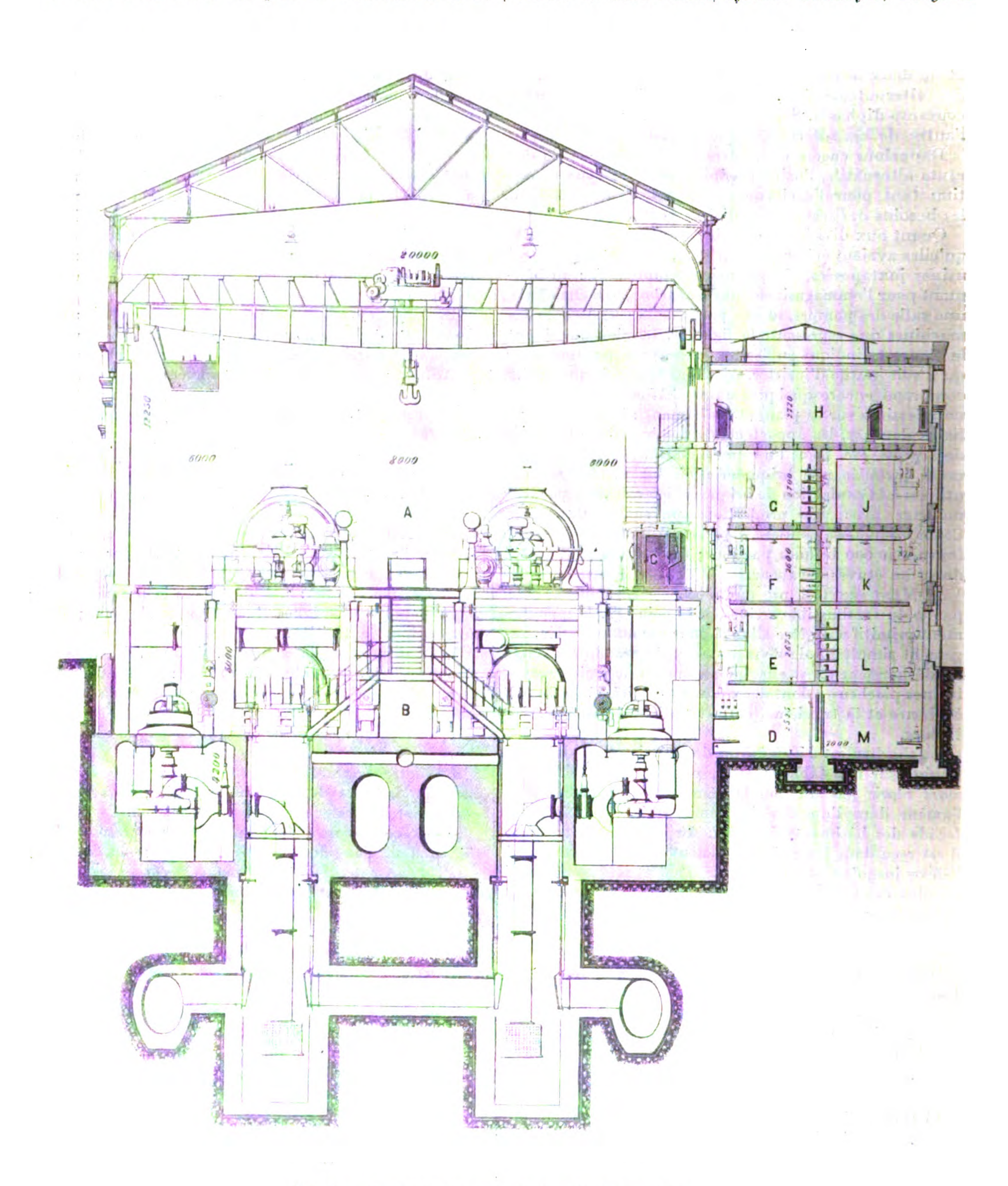


Fig. 3. — Coupe transversale de la salle des machines.

A. Groupes générateurs; B. Appareils auxiliaires; C. Petit tableau; D. Arrivée des câbles des machines; E. Interrupteurs principaux; F. Interrupteurs des barres de charge; G. Rhéostats; H. Pupitres de manœuvre; J. Interrupteurs des feeders; K. Interrupteurs des barres de charge; L. Limiteurs de tension; M. Départs des feeders.

de hauteur au-dessus des grilles, et de 3,75 m de diamètre intérieur au sommet. Chacune des cheminées correspond à une ligne de 5 ou 6 chaudières.

Quatre ventilateurs système Prat, avec éjecteur en tôle ont été installés dans les quatre cheminées construites en 1905; ils permettent d'augmenter de 50 pour 100 la vaporisation normale des chaudières correspondant à ces cheminées. Dans ces mêmes cheminées sont installés quatre souffleurs à vapeur devant servir comme secours aux ventilateurs Prat. Ces ventilateurs sont actionnés par des moteurs à vitesse variable et le réglage de la vitesse est effectué d'après les indications de quatre enregistreurs de précision Izart.

7° Génération des courants alternatifs. — Les groupes générateurs de courants triphasés, 10 250 volts, 25 p : s, sont actuellement produits par 5 turbo-alternateurs Brown, Boveri-Parsons, dont 4 d'une puissance normale de 5000 kw pouvant être élevée à 6000 kw, et 1 dont la puissance est de 11 000 kw en marche normale et de 15 000 kw en surcharge pendant 30 minutes; ces turbo-alternateurs tournent à une vitesse angulaire de 750 t : m. Les quatre premiers groupes ont 14,50 m de

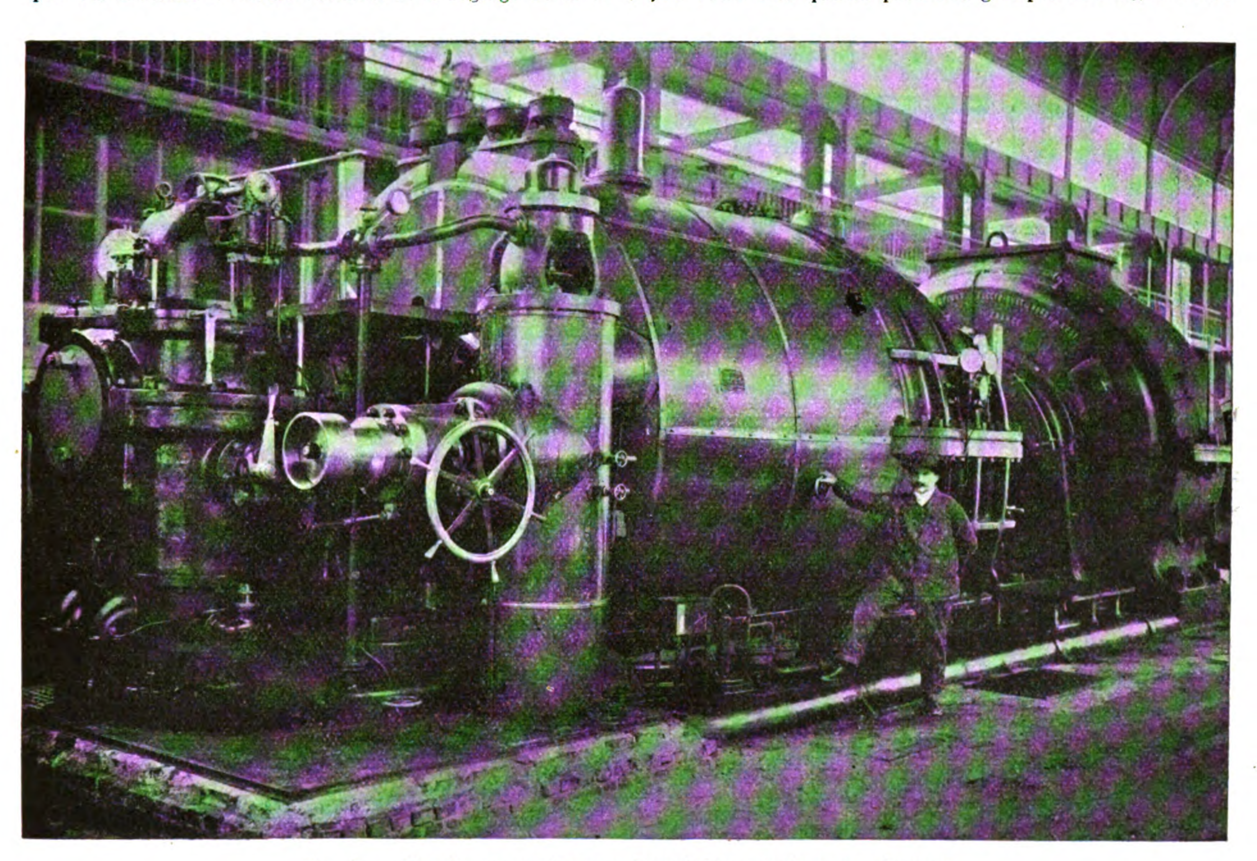


Fig. 4. — Vue du groupe Brown, Boveri-Parsons de 20000 chevaux.

de long, 4,15 m de largeur à la base et 3,5 m de hauteur maximum; le cinquième a 14,10 m de longueur, 5,20 m de largeur et 4,25 m de hauteur maximum. La figure 4 donne une vue de ce dernier groupe, qui se trouve aussi représenté sur la figure 2; on peut se rendre compte sur celle-ci que l'encombrement du nouveau groupe n'est pas sensiblement plus grand que celui des anciens groupes bien que sa puissance soit plus du double de la puissance de ces groupes. Ce faible encombrement est dû à ce que la turbine de ce groupe est une turbine Brown, Boveri-Parsons, qui, comme on le sait, diffère de l'ancien type par l'adoption dans la partie haute pression d'une roue à action à étages de vitesse, procurant, avec une augmentation du rendement dans cette partie, une diminution sensible de longueur de l'ensemble. Les figures 5, 6 et 7 donnent diverses coupes de cette turbine qui ne pèse pas moins de 140 tonnes; le transport de certaines pièces de cette turbine, impossible par chemin de fer en raison de leurs dimensions, a dû être effectué au moyen d'un chariot de 12 tonnes, construit spécialement et traîné par 35 chevaux [1].

Les courants diphasés, 12 300 volts, $41\frac{2}{3}$ p : s, sont produits par 4 groupes Brown, Boveri-Parsons, d'une puissance de 5000-6000 kw, tournant à la vitesse angulaire de 835 t : m. Les dimensions de ces groupes sont

[1] Au sujet de ce transport voir *La Revue électrique* du 9 février 1912, p. 117.

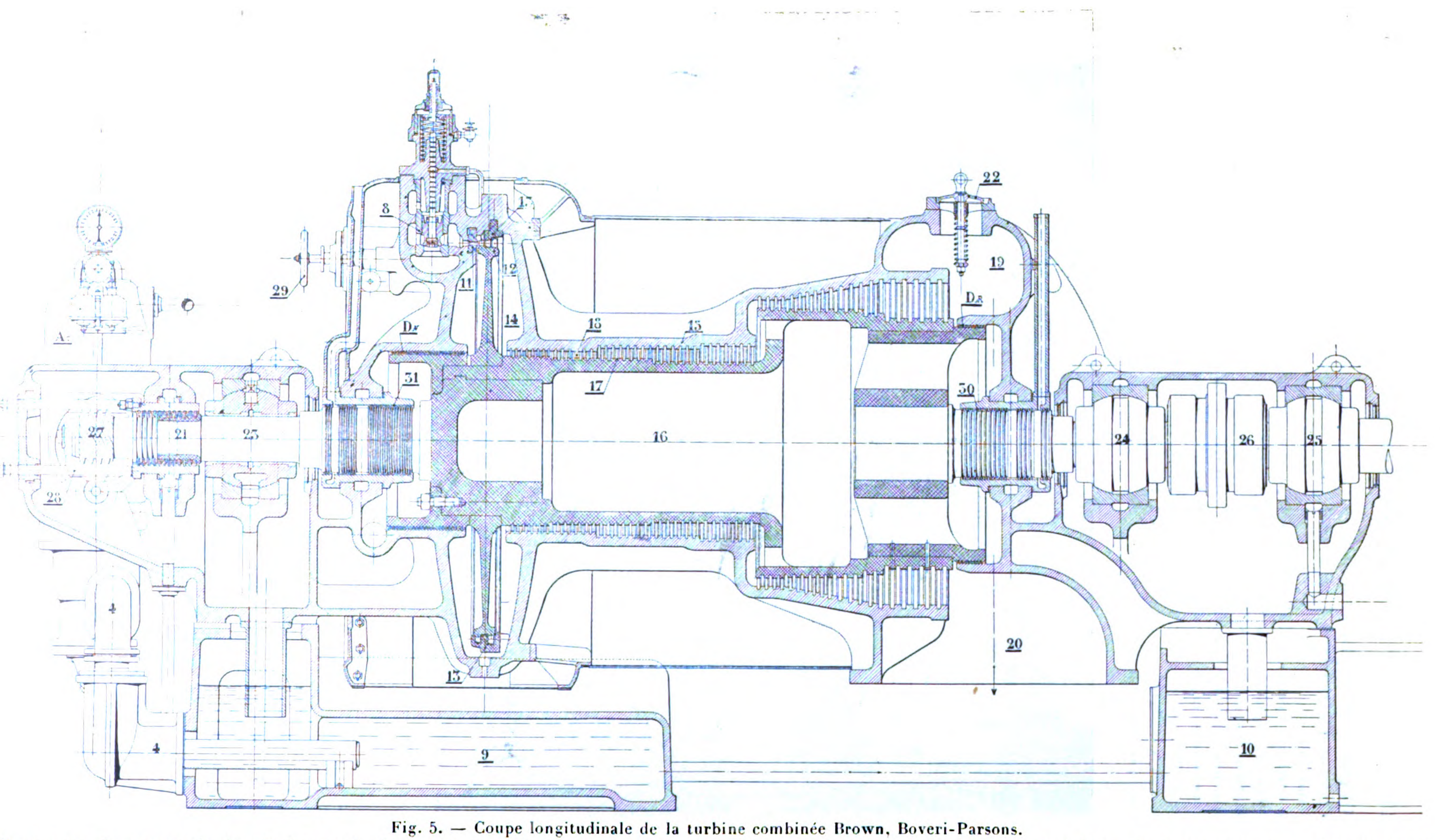


Fig. 5. — Coupe longitudinale de la turbine combinée Brown, Boveri-Parsons.

1. Engrenages de commande du régulateur; 2. Levier de réenclanchement; 3. Volant de manœuvre de la soupape d'arrivée de vapeur; 4. Tubulure d'aspiration de la pompe à huile; 5. Tubulure de refoulement de la pompe à huile; 6. Pointeau de réglage d'arrivée d'huile; 7, Chambre d'arrivée de vapeur; 8. Bypass automatique; 9. Réservoir d'huile avant; 10. Réservoir d'huile arrière; 11. Tuyères; 12. Roue à action; 13. Segment des aubes directrices de la roue à action; 14. Chambre de la roue à action; 15. Corps du cylindre; 16. Arbre de la turbine; 17. Ailettes de l'arbre (réaction); 18. Ailettes du cylindre (réaction); 19. Chambre d'échappement; 20. Echappement; 21. Bagues de réglage du palier de butée; 22. Soupape de sûreté; 23. Coussinet à rotule n° 1; 24. Coussinet à rotule n° 2; 25. Coussinet à rotule n° 3; 26. Accouplement; 27. Vis sans fin de commande du palier de butée de l'arbre du régulateur; 28. Tige de réglage du palier de butée; 29. Commande du bypass; 30. Boîtes étanches arrière; 31. Boîtes étanches avant.

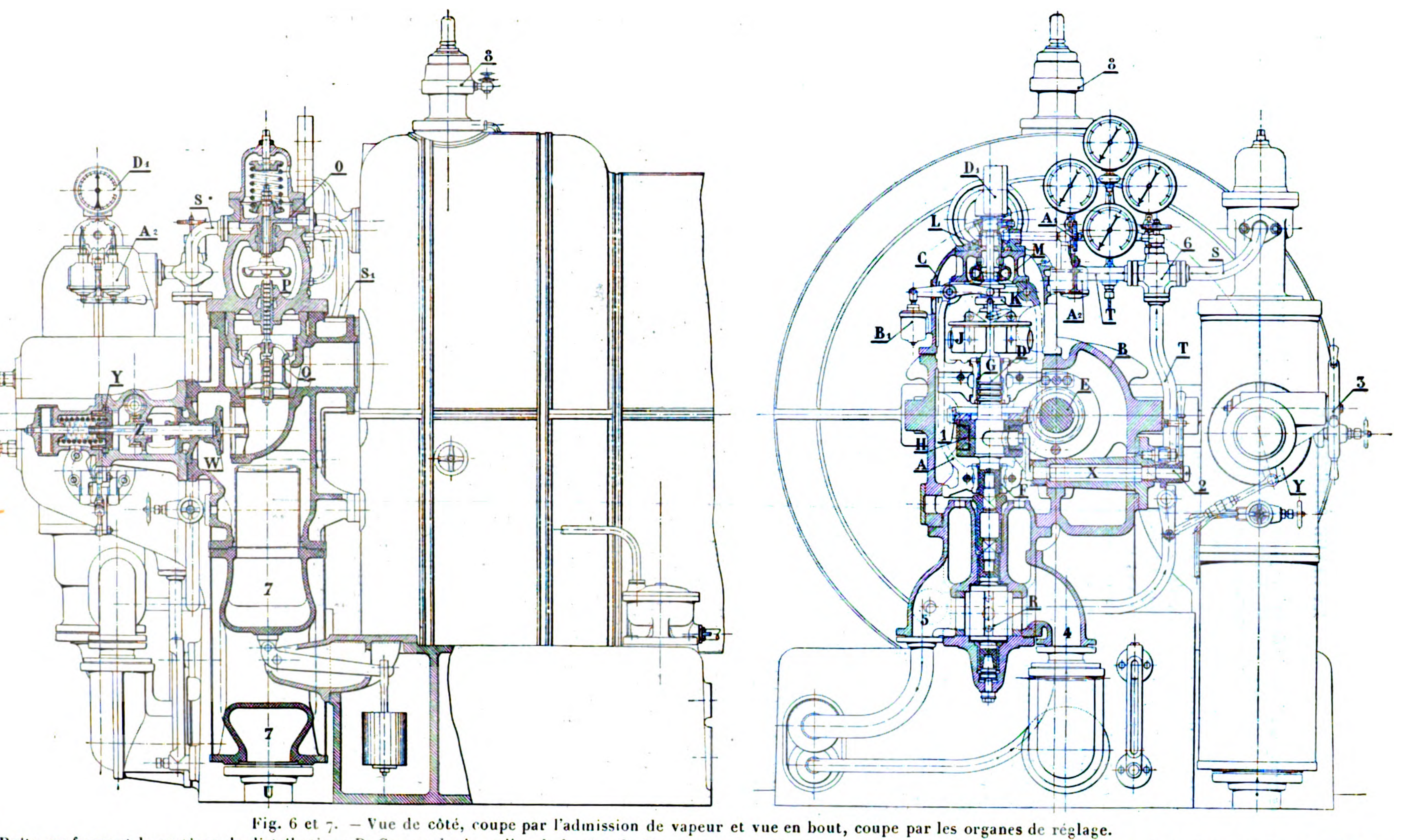


Fig. 6 et 7. — Vue de côté, coupe par l'admission de vapeur et vue en bout, coupe par les organes de réglage.

A. Boite renfermant le système de distribution; B. Couvercle du palier de butée; C. Enveloppe du système distributeur; D. Arbre du régulateur; D_{AV}. Dummies avant; D_{AR}. Dummies arrière; E. Arbre de la turbine; F. Palier de guidage; G. Palier de guidage et de butée; H. Régulateur de sûreté; J. Régulateur principal; K. Manchon du régulateur; L. Cylindre de l'appareil distributeur; M. Enveloppe du cylindre; R. Pompe à huile; T. Conduite reliant l'appareil distributeur à la pompe à huile; X. Arbre de commande du déclic du régulateur de sûreté; A_1. Pignon de l'appareil de réglage du nombre de tours; A_2. Relais magnétique de commande à distance; B_1. Amortisseur à huile; D_1. Tachymètre; O. Piston à huile commandant la soupape d'admission; P. Tige de soupape; Q. Soupape d'admission; S. Conduite à huile sous pression reliant la pompe à huile à la soupape d'admission; S_1. Conduite de sortie d'huile; U. Bride d'arrivée de vapeur; W. Vanne d'admission principale; Y. Collier de déclic commandé par le régulateur de sûreté; Z. Tige de commande de la vanne d'admission principale.

les mêmes que celles des groupes triphasés de même puissance.

Deux autres groupes peuvent fournir indifféremment des courants triphasés et des courants diphasés. Comme nous l'avons dit, ils sont formés d'une turbine, d'un alternateur triphasé et d'un alternateur diphasé, dont les parties tournantes sont montées sur un même arbre. La puissance de ces groupes est de 6000-7200 kw; leur vitesse angulaire de 835 t : m; leurs dimensions sont : longueur 21,37 m, largeur 4,15 m, hauteur 3,50 m.

La condensation de la vapeur des turbines des 10 groupes de 5000 à 6000 kw est assurée par 10 condenseurs à surface desservis chacun par une pompe à air triplex à pistons, actionnée par un moteur à courant continu de 50 chevaux directement calé sur l'arbre, et par une pompe de circulation de 120 chevaux dont il a été déjà question. Le condenseur du groupe de 11000 kw est desservi par une pompe à air triplex de 60 chevaux et une pompe de circulation de 250 chevaux; il présente dans sa construction une disposition originale, brevetée par la Société Brown, Boveri et Cie en 1910, qui permet de procéder en marche au nettoyage des tubes : il est divisé en deux parties par une cloison médiane verticale et chaque partie est pourvue de tubulures d'entrée et de sortie, de sorte qu'on peut nettoyer les tubes de l'une des moitiés du condenseur pendant que l'autre moitié assure une condensation suffisante.

A ce matériel générateur de courants alternatifs, il conviendrait d'ajouter deux transformateurs statiques et un transformateur polymorphique tournant. Les deux transformateurs statiques, d'une puissance de 900 kw servent à transformer les courants diphasés 12300 volts, en courants diphasés 6150 volts destinés à la banlieue nord de Paris. Le transformateur polymorphique comprend 4 machines groupées : deux alternateurs de 1500 kw, l'un triphasé, l'autre diphasé et deux dynamos à courant continu 550 volts de 750 kw chacune. Ce groupe sert à la transformation d'une espèce des courants produits dans l'usine en une autre. Mais ce groupe, ainsi que les deux transformateurs statiques, sont appelés à disparaître prochainement.

8° Génération du courant continu. — Elle est assurée par :

1 turbo-dynamo, 300 kw, 230 volts, 2700 t : m, avec condenseur à surface, pompe à air et pompe de circulation (ce groupe est appelé à disparaître);

2 moteurs-générateurs, triphasé-continu, de 375 kw chacun;

2 moteurs-générateurs, triphasé-continu de 600 kw;

2 moteurs-générateurs, triphasé-continu de 1200 kw;

2 moteurs-générateurs, triphasé-continu de 600 kw.

Deux batteries d'accumulateurs Tudor servent de secours. L'une, d'une capacité de 3000 ampères-heure, est en tampon sur les barres du tableau des services auxiliaires; l'autre, d'une capacité de 1300 ampères-heure, est en tampon sur les barres du tableau d'excitation.

9° Réglage et distribution des courants. — *a. Courants alternatifs.* — Les appareils de contrôle et de distribution sont placés dans un bâtiment accolé à la salle des machines et séparé en deux parties par l'escalier qui dessert ses divers étages. La partie située côté Seine est affectée aux courants triphasés 10 500 volts, 25 p : s; l'autre (qui a été en partie détruite par un incendie, il y a quelques mois) est affectée aux courants diphasés, 12 300 volts, $41\frac{2}{3}$ p : s.

Comme on le voit sur la figure 3, à l'étage inférieur se trouvent les départs de câbles. L'étage immédiatement supérieur renferme les limiteurs de tension et les barres auxiliaires de charge. L'étage situé à la même cote que la salle des machines contient les interrupteurs de feeders et de machines. Enfin, les deux derniers étages sont affectés, l'un aux barres principales, l'autre aux pupitres de manœuvre des machines et des feeders.

Un panneau central situé au-dessus de l'escalier principal permet la commande électrique à distance des tableaux des courants triphasés et des courants diphasés. De l'étage inférieur du bâtiment des tableaux part une galerie de sortie des câbles, en ciment armé, d'une longueur de 585 m et d'une largeur utile de 2,40 m pouvant contenir 48 câbles.

b. Courant continu. — Le tableau de distribution à courant continu est installé sur une estrade en fer, dans la salle des machines, côté bâtiment du tableau de distribution à haute tension. Il est divisé en deux parties pouvant être mises en parallèle : l'une correspond aux services auxiliaires, l'autre à l'excitation. Il est subdivisé en panneaux comprenant chacun l'arrivée de deux convertisseurs et de différents départs de feeders. Un panneau spécial est réservé à la batterie de 3000 amp : h et à son survolteur. Enfin une dernière partie du tableau, équipé à 500 volts, sert à la distribution du courant du groupe polymorphique dont il a été question plus haut.

Les différents appareils de conduite et de contrôle des moteurs asynchrones des convertisseurs sont installés sur des colonnes en avant du tableau de distribution à courant continu et en regard des appareils de commande des génératrices à courant continu.

J. B.



TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

SYSTÈMES DE TRANSMISSION.

Transmission de l'énergie électrique par courant continu série (¹).

L'auteur rend hommage à l'habileté et à la persévérance de M. Thury, qui a fait entrer dans la pratique ce mode de distribution.

Il fait remarquer que, pour tout transport d'énergie à partir d'un centre, il existe des conditions limites au delà desquelles il est plus avantageux de la transporter sous forme de charbon que sous forme électrique.

Ces conditions dépendent entre autres du coût de la ligne : elles sont atteintes pour un rayon de distribution beaucoup plus court en courant alternatif qu'en courant continu. De plus, le transport par câble souterrain, qui est souvent désirable, n'est guère réalisable, aux hautes tensions, que par l'emploi du courant continu.

L'auteur passe en revue les divers facteurs qui déterminent la limite.

Il fait observer au préalable que si les moteurs électriques d'une distribution en parallèle par courant alternatif apportent la solution la plus économique et la plus sûre pour les emplois qui nécessitent une vitesse constante, en revanche, s'il s'agit de vitesses variables comme dans les mines, la dynamo série à intensité constante, sans régulateurs compliqués et à rendement élevé, fournit une solution meilleure.

Installation a courant continu de la Metropolitan Electric Supply Co. — M. Highfield décrit ensuite une installation, système Thury, à intensité constante, telle qu'elle a été réalisée dans la région ouest de la Metropolitan Electric Supply Co.

Les génératrices et les moteurs sont reliés en série : un régulateur maintient constante l'intensité du courant, tandis que la tension développée par les génératrices varie suivant la résistance de la ligne et la force contre-électromotrice des récepteurs.

Station génératrice. — Chaque génératrice devant pouvoir supporter la différence de potentiel maxima entre la ligne et la terre, il est nécessaire d'isoler les bâtis et de réunir l'induit à la turbine par accouplement isolant, Zodel ou Raffard, présentant un intervalle suffisant, ou par accouplement à glissement, système Thury; enfin d'isoler, pour assurer la sécurité du personnel, le plancher de la salle des machines.

Les dynamos génératrices sont munies d'un appareil de mise en court circuit automatique qui fonctionne si leur sens de rotation vient à changer par suite de la mise hors service du moteur primaire.

L'accouplement glissant, système Thury, protège au contraire le moteur primaire contre l'effet d'un court circuit brusque dans la dynamo.

Lorsque les dynamos sont menées par turbines hydrauliques, ce qui est le cas général, il y a intérêt à les faire tourner à la vitesse constante correspondant au rendement maximum de la turbine.

Le régulateur chargé de maintenir le courant constant agit, soit sur la vitesse du moteur primaire, soit sur le calage des balais, quand il est nécessaire de conserver la vitesse constante.

Ligne souterraine. — Le câble employé à la Weston Area est à un seul conducteur de 80 mm², isolé par 12,5 mm de papier imprégné et sous plomb. Il a été soumis à une tension constante de 150000 volts pendant 30 minutes, la tension d'exploitation devant être de 100000 volts.

Les essais ont été faits à la machine statique ou au contact tournant.

Le câble est placé en tubes de fonte.

Sous 100000 volts, il transmet 12000 kilowatts.

On prévoit la substitution de la terre à l'un des câbles, ce qui assure un rechange à l'installation.

Sous-stations. — Les moteurs sont isolés et couplés comme les génératrices.

L'appareillage a, pour toutes les sous-stations, le même dimensionnement. Chaque moteur est muni d'un appareil de court circuit et peut être retiré complètement du circuit par un interrupteur à huile très solidement établi. La vitesse des moteurs est maintenue constante par un régulateur. Le calage des balais varie avec la charge.

Considérations générales et prix de revient. — *Avantages du système continu série.* — Possibilité de faire face à une charge croissante sans augmenter la tension maxima entre ligne et terre, par l'addition de nouvelles stations génératrices convenablement placées par rapport aux sous-stations réceptrices. C'est le système appliqué à Chaux-de-Fonds.

Suppression des inconvénients de la marche en parallèle.

Facilité de réglage de la vitesse des moteurs par variation du calage des balais.

Limite de la section du câble quand la charge augmente.

Suppression des inconvénients de la capacité et de l'inductance de la ligne, ce qui permet de beaucoup plus loin l'emploi des câbles souterrains.

En fait, quand la longueur de la ligne en fait l'élément prédominant des frais de premier établissement, la distribution par courant continu série devient la plus avantageuse.

Au cas contraire, le courant alternatif reprend l'avantage.

A l'heure actuelle, la tension admissible sur les câbles souterrains ne dépasse guère 25 000 volts, et même à la fréquence 25 p : s le courant de charge entraîne de graves difficultés.

(¹) Communication faite par J.-S. Highfield à la séance du jeudi 22 mai, au Congrès des ingénieurs électriciens d'Angleterre et de France.



Si la ligne est aérienne, la tension peut être augmentée dans de très fortes proportions. Mais le coût d'une ligne triphasée est, même à tension égale, supérieure à celui d'une ligne à courant continu série.

L'auteur présente un tableau qui permet d'établir ce point pour beaucoup de cas, mais non pour tous.

Mais le câble souterrain a des avantages de sécurité, n'entraîne pas de frais d'entretien, ce qui le ferait souvent préférer à la ligne aérienne.

La terre peut être prise comme conducteur de retour soit comme secours, soit à demeure. Dans ce dernier cas, on réduit de moitié le poids du cuivre et le nombre des isolateurs.

Des expériences faites à Londres ont montré que l'on pouvait réaliser des prises de terre de résistance inférieure à 1 ohm.

Le Board of Trade et le Post Office ont autorisé l'emploi du retour par la terre en cas d'accident.

La meilleure méthode est de travailler avec deux lignes en parallèle se servant de rechange et la terre comme retour commun.

Inconvénients du système continu série. — A l'usine génératrice, la tension maxima par machine est limitée à 5000 ou 6000 volts, ce qui limite la puissance à 12 000 ou 15 000 kilowatts.

A Moutiers-Lyon, on couple une turbine de 4000 chevaux à deux machines doubles donnant ensemble 150 ampères sous 18 280 volts.

L'encombrement d'un groupe continu est plus grand que celui d'un groupe alternatif, mais les appareils de commande tiennent moins de place, et il n'y a pas de transformateurs statiques.

Quand la vitesse des turbines est plus grande que celle qui convient aux dynamos, on doit employer les engrenages hélicoïdaux de M. Parsons et le prix de revient de l'usine en continu dépasse celui de l'usine en alternatif. Il en est de même quand la puissance de chaque unité devient très grande.

La perte d'énergie est généralement plus grande à intensité constante qu'à tension constante, mais elle reste toujours une faible part de l'énergie totale transmise.

Le coût des sous-stations est le même dans les deux systèmes quand un changement de fréquence exige l'emploi en alternatif de convertisseurs rotatifs, mais la conduite reste plus facile avec le courant continu.

Mais le coût d'une sous-station à courant continu est plus élevé si on le compare à celui d'une sous-station en alternatif n'employant que des transformateurs statiques.

Le courant continu série paraît s'imposer dans le cas d'une distribution à grand rayon à centres de consommation dispersés.

Tables graphiques pour le montage rationnel des lignes électriques aériennes; Guido SEMENZA (*Atti d. Assoc. Elett. Italiana*, 31 mars 1913, p. 209-221). — Les tables dont il s'agit, sont destinées aussi bien aux ingénieurs qui doivent établir les projets et diriger la construction de lignes électriques aériennes, qu'aux monteurs qui doivent assurer l'exécution du travail; leur caractère est essentiellement pratique et l'usage en est très facile, même pour les personnes n'ayant aucune connaissance mathématique. — Un premier point distingue les tables de M. Semenza de celles qui ont déjà été publiées sur le même sujet : c'est que, étant donnée la surcharge due au vent et au manchon de glace qui peut se former sur un conducteur, on obtient, sans calcul, les efforts supplémentaires qui s'exercent sur le conducteur. Une deuxième particularité est que les tables donnent pour chaque cas une courbe qui fournit la valeur de la flèche que l'on doit donner au fil (ordonnées) en fonction de la température au moment de la pose (abscisses); cette courbe, copiée ou simplement calquée, peut servir directement au monteur chargé de la pose.

Pose de câbles sous-marins pour courants industriels aux environs de Stralsund. (*E. T. Z.*, 15 mai 1913, p. 568). — Ces câbles sont destinés à relier la Centrale de Stralsund aux îles de Dänholm, Rügen et à la presqu'île de Wittow. La plus grande distance est de 1350 m. Les câbles sont du type normal à isolement au papier, 3 × 35 mm², 15 000 volts, avec chemise de plomb et armature en fils de fer ronds. Ils sont enroulés sur des couronnes par portions de 750 m et 600 m. La pose s'est effectuée sans le concours de scaphandriers et sans dragage préalable comme on l'avait fait pour le câble noyé dans le port de Hambourg. Les chevalets portant les couronnes étaient montés sur deux pontons jumelés et l'on posa successivement les tronçons de 750 m, puis ceux de 600 m, en maintenant les extrémités amarrées sur un troisième ponton à l'ancre sur lequel se sont opérées les épissures. Pour ne pas fatiguer celles-ci au moment de la mise à l'eau, on avait entouré les manchons de raccordement et le câble sur une certaine longueur d'une corde qu'on avait laissé descendre lentement jusqu'à 8 m ou 9 m de profondeur. Certaines manœuvres ont été facilitées par le guindeau du bateau convoyeur. — Un autre câble à 11 000 volts a été posé entre l'île de Fehmarn et la station régionale de Lübeck. La distance est de 1 km.

Interrupteur à huile de l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft (*Hélios Zeits.*, 13 avril 1913, p. 917-919). — En décrivant les essais effectués sur un interrupteur Voigt et Haeffner (*Littérature* du 21 mars, p. 77), nous signalions comme une de ses qualités caractéristiques qu'il avait pu couper une charge de 13 000 kw sans donner lieu à aucune projection d'huile. Ce dernier inconvénient est cependant assez difficile à éviter, car l'énergie calorifique ou chimique produite se développe dans un temps si court et dans un espace si réduit que les parties avoisinantes du liquide sont transformées en une vapeur combustible; il en résulte une surpression instantanée élevée. Comme règle générale un niveau de l'huile très haut au-dessus de l'arc augmente encore l'accroissement de pression cité ci-dessus. Le principe de l'invention, due à l'A. E. G., consiste à réserver sur le côté de la cuve une enceinte auxiliaire pleine d'air ou mieux d'un gaz inerte, pour éviter les dangers d'explosion. A cet effet, la cuve qui contient les interrupteurs est constituée par un cylindre sans fond qui est soutenu dans une cuve plus large. C'est dans l'intervalle des deux cuves que se trouve logée la provision de gaz destiné à faire tampon à la surpression des vapeurs dégagées au moment de la rupture. On arrive ainsi à régulariser l'excès de pression et à le limiter à une atmosphère. Quand l'équilibre de pression entre la cuve et l'enceinte auxiliaire s'est rétabli, le liquide qui a pénétré dans celle-ci est refoulé dans la cuve et en même temps les vapeurs qui ont gagné la partie supérieure s'échappent par des soupapes convenablement réglées pour que leur évacuation se fasse sans projection de liquide; des soupapes de sûreté sont aussi prévues pour le cas où la pression deviendrait trop grande dans l'enceinte auxiliaire.

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

Sur la traction à courant continu à haute tension [1].

L'auteur examine les divers points à co i idérer dans la traction à courant continu à haute ten ion.

I. Production du courant continu a haute tension. — Deux cas sont à considérer suivant que l'usine génératrice est éloignée ou proche des voies de traction.

Dans le premier cas les courants triphasés sont tout indiqués, leur fréquence seule peut donner lieu à hésitation. Une fréquence supérieure à 25 p : s serait préférable dans le cas de turbines à vapeur, pour diminuer le poids de celles-ci; mais la fréquence 25 p : s, est la plus indiquée pour l s commutatrices qui paraissent la solution la plus générale.

On peut faire la transformation avec des moteurs générateurs, des commutatrices Leblanc-Arnold, des transformateurs statique avec commutatrices.

Le moteur générateur a été condamné, pour la traction à 500 ou 750 volts, comme étant trop cher. Même à la tension de 1200 volts ou plus, il permet de disposer du nombre de pôles et peut, peut-être, se défendre. La commutatrice en cascade a été peu construite; son seul intérêt est d'abaisser la fréquence introduite dans le rotor à collecteur. Mais elle ne peut entrer en concurrence au point de vue prix que si la puissance du groupe est assez élevée pour que le stator alternatif puisse être bobiné directement à haute tension. Ce qui, d'un autre côté, limite cette tension dans les cas les plus favorables à 10 000 ou 12 000 volts. Son fonctionnement est parfait, son démarrage et son compoundage aisés, ainsi que j'ai pu m'en rendre compte en construisant des appareils; mais elle n'a d'avantage possible que si la fréquence choisie est élevée, c'est-à-dire en France, pratiquement de 50 périodes.

Toutes ces conditions limitent donc considérablement son champ d'application.

Néanmoins, la facilité plus grande de réaliser des tensions plus élevées au collecteur pourra dans certains cas l'emporter en sa faveur. La réduction du nombre de pôles du rotor à collecteur permettra, en effet, d'augmenter les intervalles entre lignes de balais et d'augmenter le nombre de lames par pôles sans conduire à des vitesses périphériques exagérées au collecteur.

La commutatrice à 25 périodes pour des tensions de 600 volts a aujourd'hui un fonctionnement excellent. L'élévation de la tension continue à 1200 volts est acceptable surtout depuis l'emploi de pôles auxiliaires qui permettent d'annuler l'écart entre les ampères-barres d'induit en courant continu et les ampères-barres d'induit à courants alternatifs dans la région des balais. L'augmentation de la vitesse périphérique a contribué aussi à augmenter la capacité des machines.

La commutatrice triphasée fonctionne encore bien à 50 périodes, mais la tension ne pourra pas, pensons-nous, être élevée, en courant continu, à plus de 600 ou 750 volts. Les tensions en courant continu, au-dessus de 1200 volts dans le cas de 25 périodes ou de 750 volts dans le cas de 50 périodes, devront être obtenues par mise en série de commutatrices.

Dans le deuxième cas (usine éloignée des voies) l'énergie mécanique est transformée directement en courant continu :

Si l'énergie mécanique est produite par une turbine hydraulique, aucune difficulté sérieuse. Jusqu'à 1500 volts, une dynamo à un seul collecteur fonctionnera avec satisfaction. On pourra élever la tension jusqu'à 3000 volts à condition de mettre double enroulement et double collecteur par machine ou par mise en série de deux machines.

Dans le cas où la puissance mécanique est engendrée par turbine à vapeur au voisinage des voies, il nous semble, dans l'état actuel, préférable d'avoir recours à une transformation de courant alternatif en courant continu et, semble-t-il, par commutatrice.

Il y aura intérêt de plus en plus à augmenter la vitesse angulaire des groupes turbo-alternateurs et, par suite, leur fréquence. Le convertisseur à mercure, quelle que soit la fréquence, permet le redressement des courants alternatifs avec une chute de tension constante. On le perfectionne actuellement, des appareils de 300 kilowatts existent déjà et, aux tensions élevées, son rendement est près de l'unité. De sorte que, dans l'avenir, la puissance électrique sous la forme courant continu sera peut-être la plus économique.

II. Ligne de contact électrique. — Il n'y a pas de différence essentielle entre la prise de courant en monophasé ou continu, si ce n'est l'intensité.

La tension de 3000 volts en courant continu paraît être une limite prudente d'ici longtemps, un courant de 500 ampères permet d'apporter une puissance de 1500 kilowatts.

Il semble donc que des locomotives puissantes doivent être envisagées de préférence avec troisième rail qui, seul, procurera la surface et la pression de contact nécessaires.

Quant aux courants, jusqu'à 150 ampères, ils pourront être transmis par conducteurs aériens plus économiques, mais à isolation renforcée. La suspension aérienne rend plus facile l'isolation, mais présente moins de sécurité mécanique que le troisième rail.

Le courant continu donne une perte moindre que

11....

[1] Communication faite par Gratzmuller, à la séance du 2 avril de la Société internationale des Électriciens (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 3e série, t. III, p. 259 à 296).



l'alternatif dans le rail de retour; par contre, on a les ennuis dus aux effets d'électrolyse.

III. Moteurs. — On ne peut songer à rendre pratique la traction à courant continu à haute tension, c'est-à-dire au-dessus de 750 volts que si la commutation est irréprochable. Dans ce but, en se servant des données des moteurs à 600 volts, on diminuera légèrement la constante ampères-fils : cm de l'induit, ce qui, d'ailleurs, sera motivé par l'augmentation de l'isolation; on augmentera un peu le nombre d'encoches de manière à diminuer la période de restitution, on diminuera le rapport de l'arc polaire au pas polaire, de façon à disposer d'une large zone neutre sous le pôle auxiliaire, tout en diminuant les fuites de ce pôle auxiliaire. La pression des balais sur le collecteur devra être plutôt augmentée afin de ne jamais redouter de rupture de courant par trépidation de balais.

Le pôle auxiliaire permet d'assurer dans la région des sections en commutation le champ convenable, mais cela n'empêche pas les ampères-tours de ne pas être compensés dans toutes les directions.

Il en résulte que des ampères-tours considérables font circuler des flux de fuite qui saturent certaines régions, de telle sorte que le réglage parfait ne peut être effectué que pour une certaine région de la charge. Pour l'étendre à toute la gamme des régimes, on est conduit à atténuer les perturbations de la réaction d'induit, en atténuant son importance vis-à-vis de celle des ampères-tours inducteurs. Autrement dit, on diminue les ampères-fils par centimètre, à loger à la périphérie de l'induit, ou l'on augmente le poids de cuivre des inducteurs.

Une compensation répartie permettrait de diminuer le poids de cuivre inducteur, de diminuer considérablement le poids de cuivre des pôles auxiliaires, sinon de le supprimer. La solidité mécanique du stator y gagnerait. Les bobines inductrices resteraient facilement interchangeables et l'enroulement de compensation très facilement réparable serait, de plus, facile à refroidir. Il y a donc de grandes probabilités qu'on y arrive.

L'isolation devra naturellement être renforcée et principalement, à mon avis, à base de mica. La longueur des lignes de fuite au collecteur devra être augmentée et l'isolation des porte-balais particulièrement soignée avec de longues lignes de fuite.

Il n'y a pas de difficulté technique spéciale, et il me semble que la tension de 1200 volts par moteur doit être facilement atteinte pour la traction à unités multiples et celle de 1500 volts par moteur disposé à l'intérieur d'une locomotive.

Malheureusement pour les faibles puissances, il faudra souvent deux tours par section. Naturellement, le bobinage série sera utilisé.

On conçoit donc facilement la réalisation d'une locomotive de 2000 chevaux à 3000 volts avec deux moteurs en série ou avec des moteurs à deux collecteurs. Le courant absorbé sera alors voisin de 500 ampères.

La capacité d'un moteur est limitée aujourd'hui, plutôt par l'échauffement que par les difficultés de commutation et nous avons vu plus haut que la commutation, s'il était nécessaire, pourrait être encore améliorée par la compensation répartie.

D'autre part, la formule

$$C = KI_{r_t}\Phi_{s_t}$$

montre que l'augmentation de la vitesse de rotation augmente proportionnellement la puissance disponible à égalité de courant dans les enroulements, puisque le couple reste constant.

Les pertes dans le fer augmentent cependant.

L'emploi de l'aluminium semble très indiqué pour les rotors. L'augmentation de la résistance électrique pourrait être largement compensée par l'accroissement de vitesse périphérique à égalité de force centrifuge.

On a proposé de cuivrer les parties à souder par projection de métal.

Il y a tout avantage à avoir recours à une ventilation forcée des moteurs.

On ne doit plus craindre d'avoir recours aux engrenages dont la taille est maintenant excellente.

IV. Appareillage et commande. — Les appareils de commande n'ont rien de bien particulier, ils comportent généralement des contacteurs.

Les contacteurs, interrupteurs, inverseurs-disjoncteurs, sont semblables à ceux à courant continu ordinaire, mais leur nombre est plus grand et naturellement l'isolation plus soignée. Brown-Boveri réalise des cylindres combinateurs à haute tension avec rupture brusque et de larges intervalles pour le soufflage des arcs.

On emploie le couplage série parallèle, si chaque moteur est prévu pour recevoir la tension totale. S'il ne reçoit que la demi-tension (Westinghouse), on réalise le même couplage sur des séries de deux moteurs.

Souvent si les moteurs utilisés sont simplement des moteurs à 600 ou 750 volts à isolation renforcée, de manière à pouvoir être mis par deux en séries sous 1200 ou 1500 volts, ils restent continuellement en série, car les sections à basse tension étant dans les villes, la réduction de la vitesse n'offre pas d'inconvénient.

Lorsque deux moteurs, solution généralement adoptée en Amérique, sont prévus pour demi-tension et mis en série sous la pleine tension, on peut craindre que le patinage ne reporte une tension exagérée sur un seul moteur.

On avait proposé des relais protecteurs faciles à imaginer. La pratique a démontré leur inutilité par suite des surtensions, facilement supportées par les moteurs.

Une certaine marge de vitesse pourra encore être obtenue par shuntage des inducteurs ou intercalation en série d'un nombre variable de spires inductrices par moteur.

V. Freinage, récupération, démarrages. — La récupération dans les pentes peut être obtenue dans les profils accidentés par excitation des inducteurs des moteurs au moyen d'une excitatrice auxiliaire faisant partie d'un petit groupe moteur générateur indépendant.

Dans les services à démarrages fréquents, l'énergie dissipée dans des résistances ou perdue en chaleur dans les freins peut être considérable (services de Métropolitains).



Le monophasé résout la question démarrage grâce au transformateur statique à tension variable, et la question récupération plus ou moins parfaitement, toujours grâce au même organe.

Mais il n'est pas indispensable que l'appareil utilisé soit statique. Remarquons d'ailleurs, en passant, que le transformateur statique est souvent accompagné de ventilateurs tournants.

Un ou plusieurs groupes moteur-générateur (Ward Léonard) disposés sur la ou les automotrices est la solution la plus simple. L'inconvénient est que la puissance fournie par la génératrice du transformateur est égale à la somme de puissances absorbées sur les moteurs. On devrait donc avoir en jeu trois fois la puissance consommée aux moteurs entraînant les roues.

Il est vrai que le groupe moteur générateur à grande vitesse pourrait aujourd'hui être relativement léger.

Une solution qui paraît plus simple est l'emploi sur un ou plusieurs véhicules de groupes survolteurs-dévolteurs.

VI. Installations existantes. — *Compagnie générale d'électricité de Creil et Société Siemens-Schuckert.* — La société Siemens-Schuckert avait construit ou en construction en 1912 le matériel de 14 installations avec moteurs à 1000 et 1200 volts. Elle emploie, suivant le cas, des contrôleurs faisant directement les connexions du circuit principal, ou des contrôleurs sur un circuit haute tension pour le circuit auxiliaire de commande des contacteurs placés dans le circuit principal, ou encore elle a recours à l'abaissement de la tension pour le circuit auxiliaire.

Il existe déjà deux installations importantes en service depuis 1906 :

1° A Maizières-Sainte-Marie (Détails, Littérature des Périodiques, p. 47), trois locomotives de 55 tonnes munies chacune de quatre moteurs groupés par deux en séries sous 2000 volts. La puissance de chaque moteur est de 160 chevaux. Le poids des trains est de 200 à 300 tonnes;

2° Entre Cologne et Bonn, des trains de 110 tonnes environ comportant deux automotrices à deux moteurs de 130 chevaux. La vitesse maxima est de 70 km à l'heure, les moteurs sont construits pour une tension de service de 1000 volts.

Ci-dessous la liste des installations que la Société Siemens-Schuckert a réalisées jusqu'à ce jour. (Tension des moteurs 1000 à 1200 volts.)

Désignation.	Tension de la ligne de contact. volts	Moteurs. Nombre.	Moteurs. Puissance par moteur. chevaux	Longueur de ligne de contact. km
Maizières-Sainte-Marie...	2000	12	160	14,2
Cologne-Bonn............	1000	42	130	44,2
Bonn-Siegburg-Königswinter................	1000	24	85	23,4
Königsee-Berchtesgaden-Landesgrenze..........	1000	22	75	19
Frankfurt sur-Mein. Chemin de fer de banlieue.	1000	8	85	»
Reppist. Mines de houille d'Anhalt...............	1000	4	65	65
Salsburg-Landesgrenze (Berchtesgaden).......	1000	20	75	15,33
Hohenstein-Oelsnitz......	1000	20	45	11
Neustadt-Landau........	1000	20	45	23
Pompëi-Salerno..........	1200	20	52	4,9
Zartlesdorf-Lippnet-schwebe (Autriche)....	1200	2 6	37 80	30
Poprad-Csorbasee (Hongrie)..................	1650	20	60	38
Leiden-Katwijk Nordwijk (Hollande)............	1200	16	80	32,5
Pachuca (Mexique)......	1000	16 4	56 40	28

L'installation de Bonn-Königswinter fonctionne depuis septembre 1911. Les trains sont formés de deux motrices à deux bogies portant deux moteurs de 85 chevaux à 1000 volts. Les moteurs sont couplés en série parallèle avec une position de shuntage des inducteurs pour la marche en série et deux pour la marche en parallèle.

Société anonyme Westinghouse. — Filiale de la Westinghouse Electric Manufacturing Co, de Pittsburg, et sœur de la Société Westinghouse italienne, elle disposait d'un matériel de traction monophasé et d'un matériel de traction triphasé. Néanmoins elle a pensé qu'il ne fallait pas négliger la traction à courant continu à haute tension.

Elle a fait en Amérique quelques installations à courant continu à haute tension et en particulier plusieurs locomotives.

Elle utilise toujours deux moteurs en série sous 1200 ou 1500 volts de façon à n'avoir que 600 à 750 volts par moteur.

Voici les constantes de l'une des 15 locomotives du Southern Pacific Railway :

Locomotive électrique Baldwin-Westinghouse pour courant continu 600-1200 *volts, Southern Pacific Railway.*

(Service : remorquer des poids de trains de 270 tonnes sur rampe de 4 pour 100.)

Voie..............................	1,44 m
Diamètre des roues..................	925 mm
Empattement rigide, chaque bogie..	2250 mm
Empattement total..................	7,500 m
Distance d'axe en axe des bogies....	5350 mm
Poids total.........................	54 tonnes
Partie électrique....................	20 »
Partie mécanique....................	34 »
Nombre de moteurs...................	4
Ventilation forcée..................	
Régime unihoraire de chaque moteur.	250 HP
Effort de traction continu en service avec ventilation forcée...........	5000 kg
Effort de traction unihoraire avec ventilation forcée...............	9900 kg
Vitesse unihoraire km par heure....	27,2 km : h
Effort de traction maximum.........	13500 kg
Vitesse maxima......................	60 km : h

Compagnie française Thomson-Houston. — La Compagnie Thomson-Houston et la G. E. Co en Amérique ont particulièrement développé la traction à courant continu haute tension.

En Amérique, la G. E. Co prétend l'opposer à la traction monophasée même pour les locomotives de grande puissance, elle en a étudié pour des tensions de 2400 volts.

On peut mentionner quatre installations en Italie avec du matériel à 1200 volts et des moteurs de 45 chevaux, et 17 en Amérique avec des moteurs de 50 à 300 chevaux. La longueur de lignes en kilomètres de voie simple, varie de 12 à 234 km. Les deux tiers environ d'entre elles ont plus de 50 km de longueur.

Dans la plupart des cas les moteurs sont deux par deux en série sous 1200 volts, la tension individuelle par moteur étant 600 volts. Les voitures peuvent circuler à la fois sous 1200 ou 600 volts.

Les locomotives de la G. E. Co sont généralement à deux bogies, elle en a cependant étudié du type articulé. Les moteurs sont toujours cuirassés à suspension par le nez et parfois à ventilation forcée.

LISTE DES INSTALLATIONS RÉALISÉES AVEC DU MATÉRIEL G. E. CO.

NOM DE LA LIGNE.	VOIE unique.	NOMBRE de voitures.	MOTEURS par voiture.	PUISSANCE du moteur.	TENSION de la ligne.
En Italie.					
	km			chevaux	volts
Brescia-Tosolano et Brescia-Stocchetta	54,5	8 10	2 4	45 45	1200
Monza-Meda-Cinto	27	2 3	2 4	37 45	1200
Verona-San Bonifacio	22,55	6 5	2 4	45 45	1200
Turin-Rivoli	11,7	1 5	2 4	77 77	1200
Pisa-Marina	13	2 5	2 4	37 37	1200
Aux États-Unis.					
Central California Traction Co	111	14	4	75	1200
Indianapolis and Louisville Traction Co	65	13	4	75	600-1200
Pittsburg, Harmony, Butler and Newcastle	121	22	4	75	600-1200
Southern Pacific Railway (Oakland Division)	155	65	4	125	1200
Aroostock Valley Railway	24	3 1	4 4	50 75	1200
Shore Line Electric Railway	84	13 2	4 4	50 75	600-1200
Southern Cambria State Ry	38	6	4	75	600-1200
Washington, Baltimore and Annapolis	143	3 40	4 4	125 75	600-1200
Milwaukee, Light, Heat and Traction Co	110	15 15	4 4	75 125	600-1200
Davenport and Muscatine Ry Co	48	7	4	50	600-1200
Ft. Dodge, Des Moines et Southern Ry	234	12 9	4 4	75 100-200	600-1200 1200
Nashville-Gallatin Ry	37	4	4	75	1200
Oakland et Antioch Ry	56	3	4	75	600-1200
Oregon Electric Ry Co	225	38	4	75	600-1200
Kansas City, Clay Co et Saint-Joseph Ry	112	25	4	100	1500
Buste, Anaconda et Pacific Ry Co	121	17	4	300	2400
South Western Traction et Power Co	20	2	4	50	1200

Enfin la Compagnie française Thomson-Houston, qui avait débuté en courant monophasé par une locomotive de 1200 chevaux, débute en courant continu à haute tension par des motrices dont les moteurs sont branchés par 2 en série sous 2400 volts sur le prolongement de la Mure à Gap de la ligne existante de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure qui fonctionne à trois fils avec 1200 volts par pont. Dans la nouvelle section il n'y aura que deux fils à + 1200 et — 1200 volts sans fil neutre.

Compagnie Electromécanique. — Elle dispose des procédés Alioth et Brown-Boveri. Cette dernière Société a réalisé diverses installations. Point particulier : elle fait des combinateurs fonctionnant directement à haute tension. Pour la ligne de Biasca-Acquarosa, ce combinateur est muni de larges séparateurs d'arc de dispositifs de rupture brusque et de bobines de soufflage magnétique. Il est placé dans une cabine centrale et commandé des plates-formes des extrémités de la voiture au moyen d'une transmission à roues d'angle.



Pour l'éclairage, elle emploie un moteur-générateur décrit dans le chapitre de l'appareillage.

Au point de vue des sous-stations, la Société Brown-Boveri transforme le triphasé en continu par moteur d'induction et dynamo.

Conclusion. — Les avantages du courant continu à haute tension résident principalement dans les grands efforts de démarrage, dans la qualité de la commutation qui se traduit par la petite usure du collecteur et des balais et dans la *légèreté des voitures*. Par contre, subsisteront par essence l'inconvénient d'une haute tension sur une partie tournante comportant une partie nue, dangereuse surtout dans les régions humides, le collecteur et la manipulation de gros courants pour les grosses puissances.

Liste des installations réalisées.

Longueur.	Pente maximum.	Voltage et appareil de contact.	Poids des véhicules.	Nature du tracteur.	Moteurs.	Divers.
Biasqua-Acquarosa (Suisse). — Date de mise en service : juillet 1911.						
km 14	pour 1000 35	1200 volts (par moteur) pantographe.	52 tonnes 20 à 40 km : h.	Automotrices.	2 moteurs de 80 chevaux.	Centrale à Biaschina, sous-station à Biasca, moteur d'induction, dynamo.
Wendelstein (Niederbay, Bavière). — Date de mise en service : 1912.						
9,8 Ligne mixte à adhérence et crémaillère.	235	1500 volts (par moteur) pantographe.	Train remorqué de 33 tonnes avec remorques vitesse 7-15 km : h.	3 locomotives en service.	2 moteurs de 120 chevaux shunts à récupération.	Centrale hydro-électrique
Tramway de Harlem. — Mise en service : 1912.						
»	»	1200 volts (par moteur) pantographe.	18 tonnes remorquées. 23 à 35 km : h.	15 automotrices.	2 moteurs de 32 chevaux.	»
Ligne de Lauterbrunnen à Wengen.						
»	250	1800 volts (par moteur)	»	»	2 moteurs de 150 chevaux.	Sous-station à Wengen, moteur d'induction, dynamo.

Le problème de l'électrification des chemins de fer aux États-Unis (¹).

L'auteur montre d'abord les différences existant entre les conditions d'exploitation des chemins de fer aux États-Unis et en Europe et note les tarifs plus élevés des trains de voyageurs.

Il examine ensuite les applications réalisées et surtout les chiffres d'exploitation obtenus en Amérique pour les services de banlieue, de grandes lignes et de montagne.

I. Service de banlieue. — *Dépenses de premier établissement.* — Ci-après le tableau I des dépenses effectuées par le Pennsylvania Railroad pour l'installation de la ligne électrique à courant continu de Camdem à Atlantic City (West Jersey et Sheashore Railroad).

La dépense par kilomètre de voie simple de ligne proprement dite ressort à 100 000 fr environ.

Faute de renseignements précis sur les frais de premier établissement de lignes de chemins de fer américains actuellement en service, utilisant le courant monophasé, nous reproduisons sensiblement l'évaluation des dépenses d'installation de la traction électrique monophasée sur les lignes d'accès dans Boston.

Ce devis a été publié dans le rapport du Conseil d'administration du New-York New-Haven Hartford du 15 novembre 1910. (*Voir* tableau II.)

La dépense prévue ressort donc à 227 000 fr par kilomètre de voie simple, voitures de remorque comprises, et 190 000 fr remorques non comprises.

Les dépenses d'électrification des lignes sont très différentes et sans vouloir conclure du rapprochement de ces divers tableaux que les frais de premier établissement des lignes de traction sont nécessairement plus élevés avec le courant monophasé qu'avec le courant continu, nous retiendrons seulement que la dépense d'électrification peut atteindre 200 000 fr par kilomètre de voie simple.

Dépenses d'exploitation. — Au point de vue des dépenses d'exploitation, nous possédons actuellement des renseignements complets dans le cas de diverses installations

(¹) Communication faite par M. Parodi à la séance du 17 avril de la Société internationale des Électriciens (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 3e série, t. III, p. 361 à 405).



I. — Dépenses d'installation de la ligne de Camden a Atlantic City.

COURANT CONTINU.	PUISSANCE, NOMBRE, prix unitaires.	PRIX TOTAL en francs.	PROPORTION en pour 100.
Station centrale :			
Équipement	8000 kw à 410 fr par kilowatt	3 300 000	
Bâtiments, fondations, terrains, parc à combustibles	—	1 820 000	25,2
Ligne de transport de force	113 km à 11 000 fr	1 240 000	
Sous-stations :			
Bâtiments	1700 kw à 126 fr le kilomètre	370 000	37,4
Équipements		2 150 000	
Ligne de contact :			
Troisième rail ordinaire	213 km à 13 750 fr	2 930 000	
Trolley	32 km à 13 000 fr	415 000	
Railbonds	245 km à 2 140 fr	525 000	
Matériel roulant :			
93 automotrices bois, de 43,5 tonnes	93 km à 63 000 fr	5 800 000	
15 automotrices acier de 47,5 tonnes	15 km à 100 000 fr	1 500 000	37,4
(Puissance : 480 chevaux.)			
Ateliers	—	240 000	
Totaux	—	20 300 000	100

II. — Dépenses d'installation de la traction monophasée des lignes de Boston.

NATURE DE L'INSTALLATION.	CONSISTANCE de l'installation.	PRIX unitaires en francs.	TOTAL en francs	POURCENTAGE.
Station centrale	60 000 kw	515	31 000 000	18,3
Transmissions et lignes aériennes de contact	25 km à 4 voies	128 000	19 800 000	11,8
	206 » à 2 »	64 000		
	52 » à 1 voie	220 000		
	179 » triage	12 000		
	743	226 000		
Terminus, entretien et atelier de réparation	—	—	9 600 000	—
Locomotives à voyageurs, légères	113	206 000	23 800 000	
Locomotives à voyageurs, lourdes	49	232 000	11 600 000	
Automotrices	232	154 000	35 800 000	64,6
Remorques	377	68 500	25 700 000	
Rechanges, matériel roulant	—	—	3 270 000	
Block Système	—	—	9 000 000	5,3
Totaux	473 km	—	168 000 000	100

à courant continu effectuées depuis déjà quelques années sur différents chemins de fer. Les compagnies qui ont réalisé leur électrification avec le courant monophasé sont beaucoup plus avares de renseignements; toutefois on peut se faire une idée de l'ordre de grandeur des dépenses correspondant à chaque système en étudiant les statistiques publiées chaque année par l'Interstate Commerce Commission et par les Public Service Commission des différents États.

Dans le tableau III ci-après sont indiqués les résultats généraux d'exploitation de la ligne à courant continu de Camdem à Atlantic City (West Jersey et Seashore Railroad).

Pour d'autres lignes on obtient des résultats analogues, bien que des écarts notables existent d'un réseau à l'autre; c'est ainsi que le prix de la voiture-kilomètre ressort à 0,75 fr sur le Long Island Railroad et à environ 0,40 fr sur le Pennsylvania Railroad (lignes de New-York). Ces écarts s'expliquent facilement par les conditions différentes de service, et aussi par les modes différents de production et d'utilisation de l'énergie électrique.

Le système de traction en particulier joue un rôle



III. — Résultats d'exploitation de la ligne de Camden a Atlantic City.

	1910.	1909.	1908.	1907.
Énergie produite en kilowatts-heures à la centrale......	23312500	23551200	22887600	21118800
Energie débitée par les sous-stations en kilowatts-heures.	21972300	—	—	—
Rendement de la transformation..........................	0816	0784	0738	0722
Prix de la tonne de combustible, en francs...............	12,60	—	—	—
Prix du kilowatt-heure à la centrale, en centimes......	2,8	2,85	3,06	3,5
Consommation de combustible par kilowatt-heure, en kilogrammes..	1,47	1.50	1,52	1,67
Nombre annuel de voitures-km (3,5 voitures par train)..	7350000	6600000	--	—
Prix total de revient par voiture-km en francs { électricité..................	0,58	0,60	0,65	—
Prix total de revient par voiture-km en francs { vapeur......................	0,80	—	0.71	—

important dans la détermination du prix de revient final et, à ce point de vue, nous avons trouvé, dans les statistiques que les compagnies de tramways adressent chaque année aux Public Service Commission des différents États, des chiffres excessivement intéressants et instructifs, sur les résultats comparés de l'exploitation à courant continu et à courant monophasé. Une comparaison correcte peut être faite, pour les tramways ayant utilisé dès leur mise en service un système unique de traction, la ventilation des dépenses étant effectuée d'une façon absolument uniforme, sur tous les réseaux, conformément à une classification imposée par le gouvernement fédéral, et les gouvernements des différents États.

L'auteur a considéré trois réseaux à courant continu que nous appellerons C_1, C_2, C_3 et trois réseaux de tramways à courant monophasé que nous appellerons A_1, A_2, A_3, pour lesquels les conditions de trafic et de service sont tout à fait analogues et il indique (tableau IV ci-dessous) les dépenses, rapportées à la voiture-kilomètre, d'entretien, de réparations des tracteurs et lignes de prise de courant, ainsi que les dépenses de conduite des sous-stations. Figure également dans ce tableau le nombre d'agents employés dans les dépôts et sous-stations par voiture en roulement, d'après les graphiques. Ce dernier renseignement n'est pas extrait des statistiques officielles.

L'auteur a intentionnellement omis toute comparaison des dépenses d'énergie électrique en raison des différences considérables existant dans les conditions de génération du courant.

IV. — Dépenses en courant continu et alternatif.

Réseaux.	Dépenses par voiture-kilomètre en centimes.	Agents de dépôts et sous-stations par voiture en service d'après le graphique.
C_1..............	7,80	1,5
C_2..............	7,80	1,7
C_3..............	8,27	1,6
Moyenne...	7,95	1,6
A_1..............	17,1	2,4
A_2..............	16,5	3,4
A_3..............	20,2	3,4
Moyenne...	17,6	3,06

Différence : 17,6 — 7,95 = 9,65 centimes par voiture-km.

Il résulte de cette comparaison que le prix de revient de la voiture-kilomètre de tramway qui est de 0,50 fr en courant continu (tableau V ci-après), doit ressortir à 0,59 fr ou 0,60 fr en courant monophasé, du fait des dépenses plus élevées d'entretien et de réparations, toutes autres conditions d'exploitation étant supposées les mêmes.

Sur les chemins de fer, la différence entre les deux systèmes de traction doit être beaucoup plus grande, si l'on en juge d'après les résultats généraux d'exploitation des lignes électrifiées de la banlieue de New-York aboutissant au Grand Central Terminal. Les dépenses globales annuelles données en détail dans les notes ci-après ressortent, pour l'exercice 1911 par exemple, à 2 891 436 fr pour le New-York Central, et à 4 521 267 fr pour le New-York New-Haven Hartford.

Le nombre de tracteurs en service en 1911 était : pour le New-York Central, de 47 locomotives de 2000 chevaux et 137 automotrices de 400 chevaux; pour le New-York New-Haven Hartford, de 47 locomotives de 1000 chevaux et 4 automotrices de 600 chevaux.

Le nombre des trains journaliers était, fin 1912, d'environ 400 trains (manœuvres comprises) pour le New-York Central, et de 200 trains pour le New-York New-Haven Hartford. Faute de renseignements officiels sur le trafic respectif de ces deux lignes, nous ne pouvons malheureusement indiquer les prix par voiture-kilomètre qui nous intéresseraient particulièrement ici.

On voit donc, d'après le nombre et l'importance des installations électriques effectuées en Amérique, qui fonctionnent d'une façon satisfaisante, que le problème de l'électrification des chemins de fer sur les lignes de banlieue ne soulève aucune difficulté technique, et qu'il est devenu de nature presque exclusivement financière et économique, Nous allons examiner, d'une façon générale et nécessairement approximative, les conditions devant exister entre le trafic et les dépenses pour que l'électrification soit rémunératrice.

La dépense de premier établissement des lignes électriques que M. Parodi a évaluée à 200 000 fr par kilomètre de voie simple est du même ordre de grandeur que le capital moyen des compagnies, par kilomètre de ligne (194 000 fr). C'est dire qu'actuellement l'électrification, si elle était générale, correspondrait à une augmentation

V. — DÉPENSES D'EXPLOITATION EN COURANT CONTINU ET MONOPHASÉ.

	1908.	1909.	1910.	1911.
1. Relevé des dépenses d'exploitation électrique du New-York Central et Hudson River Railroad. *Courant continu.*				
	fr	fr	fr	fr
§ 16. Entretien des transmissions électriques	1119872,65	325768,40	447735,85	511637,05
§ 32. » locomotives	236323,20	161298 »	262480,05	223561,50
§ 36. » automotrices	174574,70	100667,05	97870,60	93889,65
§ 58. » stations centrales électriques	174574,70	100667,05	143546,25	183391,50
§ 96. Électriciens-conducteurs	1001221,80	937856,20	851217,75	670722,05
§ 104. Conduite des usines	648359,25	639593,95	1068552,90	1198116,60
§ 105. Énergie achetée au dehors	12787,45	11850,15	10413,30	10868,25
Total	3367713,75	2277700,80	2881816,70	2891436,60
2. Relevé des dépenses d'exploitation électrique du New-York New-Haven Hartfort Railroad. *Courant monophasé.*				
	fr	fr	fr	fr
§ 16. Entretien des transmissions électriques	309406,85	18622,40	681334,70	529965,90
§ 32. » locomotives	143479	1322025,60	726062,45	847901,15
§ 36. » automotrices	255738,70	178782,25	214420,25	164413,75
§ 58. » stations centrales électriques	105595,60	293261,60	189303,70	153485,45
§ 96. Électriciens conducteurs	299266,50	745956,90	730733,50	819246,55
§ 104. Conduite des usines	654621,65	1217573,30	1184891,40	1225586,70
§ 105. Énergie achetée au dehors	205927,90	907908,95	500997,15	780667,90
Total	1974036,20	4684131 »	4727743,15	4521267,40

3. Relevé des dépenses d'exploitation électrique du Pennsylvania Railroad.

Courant continu.

	1911.		1911.
	fr		fr
§ 16. Entretien des transmissions électriques	93934,20	Report	323423,35
§ 32. » locomotives	132427,10	§ 96. Électriciens-conducteurs	360271,30
§ 36. » automotrices	2399,90	§ 104. Conduite des usines	436627,30
§ 58. » stations centrales	94662,15	§ 105. Énergie achetée au dehors	63023,25
A reporter	323423,35	Total	1193345,25

de capital d'environ 100 pour 100, mais cette dépense pourrait être amortie en 99 ans, suivant une pratique assez courante aux États-Unis, puisque les lignes sont concédées aux compagnies américaines à titre perpétuel et par suite à un taux relativement bas.

M. Parodi admet donc que la recette par kilomètre de voie simple est grevée, du fait de l'électrification, d'une charge de 10 000 fr correspondant au taux d'intérêt et d'amortissement de 5 pour 100 du capital de 2 000 000 fr.

Dans ces conditions, en supposant : 1° que le prix de revient de la voiture-kilomètre soit de 0,60 fr (0,50 fr pour les tramways); 2° que le prix moyen de transport par voyageur-kilomètre soit de 0,06 fr (0,0621 fr en moyenne pour l'ensemble des réseaux de chemins de fer); 3° que le nombre total annuel de voitures-kilomètres par kilomètre de ligne soit représenté par N (circulation kilométrique moyenne); 4° que le nombre moyen de voyageurs par voiture soit représenté par f (fréquentation moyenne), la relation entre le trafic et la recette annuelle sera la suivante, pour un coefficient d'exploitation du réseau électrifié de 60 pour 100 :

$$0,60\,N + 10\,000 = 0,06\,Nf\,\frac{60}{100}.$$

Les valeurs relatives de N et de f sont indiquées dans le tableau ci-après :

Nombre moyen de voyageurs par voiture (fréquentation f).	Valeur de N. — Nombre de circulations de voitures par an.	$\frac{N}{365}$. — Nombre moyen de circulations par jour par kilomètre.	0,06 fr Nf. — Recette annuelle par kilomètre de voie simple, en francs.
18	208 000	570	225 000
20	83 500	228	100 000
22	52 000	142	74 000
24	37 900	104	39 000
26	29 700	81	24 000

Les recettes kilométriques et la fréquentation moyenne réelles des voitures des trois réseaux de chemins de fer desservant New-York sont les suivantes :

	Recette moyenne par kilomètre de ligne, en francs.	Recette moyenne par voyageur-kilomètre, en francs.	Nombre moyen de voyageurs par voiture.
New-York New-Hawen Hartford.	48 000	0,0548	25,5
New-York Central	37 500	0,0562	16,3
Pennsylvania Railroad..........	33 000	0,0625	15,9

La comparaison des recettes déduite de la formule et des recettes moyennes réelles par kilomètre de ligne des trois réseaux considérés, nous montre que le trafic voyageur du New-York New-Haven Hartford, qui est tout à fait exceptionnel, justifierait presque une électrification générale des lignes de cette Compagnie. Pour le New-York Central et le Pennsylvania Railroad, l'électrification devra être limitée aux lignes où la fréquentation moyenne sera suffisante.

Mais il faut bien remarquer ici qu'une adaptation systématique du mode d'exploitation des tramways aux lignes de banlieue est de nature à produire une augmentation notable de la fréquentation moyenne, et par suite elle est capable de permettre de justifier une électrification même dans des cas où la substitution pure et simple de locomotives électriques aux locomotives à vapeur ne donnerait que des résultats financièrement inacceptables.

Le tableau ci-dessous donne les dépenses annuelles d'entretien et de réparation des locomotives à courant continu du New-York Central et des locomotives à courant monophasé du New-York New-Haven Hartford, déduites des statiques publiées par l'Interstate Commerce Commission (Chap. 32 de la Classification des dépenses) :

Années.	Nombre de machines.	Dépense totale annuelle.	Dépense d'entretien et de réparation par machine et par an.
New-York-Central (locomotives de 2000 chevaux).			
1908...........	47	236 323 fr	5 000 fr
1909...........	47	161 298	3 420
1910...........	47	262 480	5 550
1911...........	47	223 561	4 750
New-York New-Haven Hartford (locomot. de 1000 chev.).			
1908...........	»	143 479	»
1909...........	41	1322 025	32 000
1910...........	41	726 068	17 000
1911...........	47	847 901	18 000

Les dépenses d'entretien des locomotives monophasées, qui s'étaient élevées à 32 000 fr par machine en 1909, ont été notablement réduites en 1910 et 1911 grâce à l'emploi de deux tracteurs accouplés pour la remorque des trains lourds.

Les dépenses par locomotive-kilomètre indiquées ci-après ont été déduites, pour le New-York New-Haven Hartford, des tableaux précédents; pour le New-York Central et pour le Pennsylvania Railroad (locomotives électriques et à vapeur), des renseignements donnés par MM. Gibbs et Katte dans des conférences faites au Railroad Club de New-York en 1912 et 1913.

DÉPENSES D'ENTRETIEN ET DE RÉPARATIONS PAR LOCOMOTIVE-KILOMÈTRE (ÉLECTRIQUE).

	1909.	1910.	1911.	1912.
New-York New-Haven (locomotives de 1000 chevaux, monophasées)............	fr 0,40	fr 0,215	fr 0,225	
New-York Central (locomot. de 2000 chev., continues)..				fr 0,106

	Locomotives électriques de 2000 chevaux, continues.	Locomotives à vapeur: division de New-Jersey.	Locomotives à vapeur: ensemble du réseau.
Pennsylvania Railroad (1911)..............	fr 0,215	fr 0,371	fr 0,470

Ces chiffres indiquent que l'entretien des locomotives électriques même monophasées, est notablement moins élevé que celui des locomotives à vapeur.

II. Service des grandes lignes. — Il n'existe pour ainsi dire pas d'applications de la traction électrique aux grandes lignes de chemins de fer des États-Unis et le prolongement de l'électrification des lignes de banlieue du New-York Central jusqu'à Albany et de celles du New-York New-Haven jusqu'à Boston sont encore à l'état de projet.

Pour le trafic des grandes lignes, les locomotives électriques n'ont pas une puissance comparable à celle qu'atteignent les locomotives à vapeur américaines. Aussi n'y envisage-t-on guère la traction électrique pour les cas ordinaires. En Europe il en est un peu de même.

III. Service des lignes de montagne. — Sur les lignes de montagne, la traction électrique présente des avantages sérieux. Il n'y a guère pourtant qu'une installation pratiquement réalisée en Amérique, et il faut bien reconnaître que son exécution a été surtout décidée dans le but de supprimer les dangers que présente la traction à vapeur dans les tunnels de grande longueur. Cette installation est celle du tunnel des Cascades sur le réseau du Great Northern Railway; il est probable que d'autres importantes électrifications de lignes à forte pente seront réalisées à bref délai : le Southern Pacific Railway vient en effet de confier, à la General Electric C°, l'installation complète de la traction électrique sur une longue ligne de montagne dans les environs de Denver.

Sur cette dernière ligne, il sera fait usage de locomotives à courant continu à haute tension, alors que les

lignes du tunnel des Cascades [1] utilisent une distribution par courants triphasés.

La construction de locomotives à faible vitesse et de grande puissance ne semble plus présenter actuellement de difficulté technique spéciale, aussi bien avec des moteurs à courant continu ou triphasé qu'avec des moteurs monophasés. Toutefois, les applications les plus importantes ont été réalisées tant en Amérique qu'en Europe, avec le courant triphasé. Il existe un grand nombre de tracteurs d'une puissance égale ou supérieure à 2000 chevaux en courant triphasé; les locomotives de 2700 chevaux que la Compagnie des Alpes bernoises fait construire actuellement pour le tunnel du Loetschberg seront les premières locomotives à courant monophasé, 15 périodes de grande puissance, affectées à un service de montagne.

Ces locomotives pèseront, paraît-il, 108 tonnes pour une puissance horaire de 2700 chevaux à 45 km : m, soit 40 kg.

Les locomotives triphasées des lignes italiennes de Giovi et de Modane pèsent seulement 60 tonnes pour une puissance horaire de 2000 chevaux à 45 km à l'heure. Les locomotives du tunnel des Cascades pèsent 50 kg par cheval, mais il est à remarquer que, vu la faible vitesse de marche imposée, 25 km : h, leur poids de 102 tonnes est imposé par la condition d'adhérence.

Les frais d'exploitation par locomotive à vapeur des lignes à forte pente sont excessivement élevées du fait de la très mauvaise utilisation des machines et surtout du fait de leur détérioration rapide. Le personnel de conduite est également mal utilisé et le nombre des agents spéciaux tels que les serre-freins [2] (un par quatre wagons en France) est très considérable. Les dépenses d'exploitation croissent rapidement avec la déclivité. Au delà d'une certaine pente, variable suivant les cas, la traction électrique devient plus avantageuse.

Une des conséquences les plus intéressantes, au point de vue économique, de l'électrification est celle observée sur les installations électriques du tunnel de Giovi, près de Gênes, en Italie : une diminution notable des dépenses d'entretien des voies a été constatée depuis l'électrification et résulte de la réduction de l'usure des rails de roulement et des appareils de freinage. Le courant triphasé permet, en effet, grâce au freinage énergique produit par la récupération automatique, de descendre une longue rampe de 35 mm par mètre presque sans utiliser les freins mécaniques L'économie réalisée sur les dépenses d'entretien et de renouvellement des voies, particulièrement les voies descendantes, est suffisante, paraît-il, pour gager une partie importante des frais de premier établissement des lignes électriques.

[1] Le Great Northern Railway a électrifié en 1909 une dizaine de kilomètres de ligne de part et d'autre du tunnel des Cascades, qui a lui-même une longueur de 4,5 km en pente de 17 pour 1000.

[2] En Amérique, grâce à l'emploi du frein continu et au poussage normal des trains par une ou deux locomotives de renfort placées en queue, le nombre des serre-freins est relativement beaucoup plus petit qu'en Europe.

L'électrification à la Compagnie des Chemins de fer du Midi [1].

L'auteur expose d'abord comment la Compagnie du Midi a été amenée à envisager l'emploi de la traction électrique, avec le concours financier de l'État pour l'exploitation de lignes nouvelles à fortes déclivités concédées de 1902 à 1908 : ligne de Cerdagne (Villefranche à Bourg-Madame) concédée en 1902; lignes transpyrénéennes d'Ax-les-Thermes à Puycerda, de Saint-Girons à Salau et de Bedous à Aranônes, concédées en 1907 : lignes de Lannemezan à Auch, de Tarbes à Castelnau-Magnoac, d'Arreau à Saint-Lary et de Pau à Hagetmau concédées en 1908. La Compagnie reconnut ensuite qu'elle pourrait, moyennant un léger agrandissement de l'usine d'Eget devant desservir les lignes concédées en 1908, et la création d'une usine à Soulom, au confluent des gaves de Pau et de Cauterets, électrifier la grande ligne de Montréjeau à Pau et ses embranchements existant de Luchon, Arreau, Bagnères-de-Bigorre, Pierrefitte et Buzy. Enfin la compagnie, a déjà équipé électriquement pour essai sur 24 km la ligne de Perpignan à Villefranche. Le tout représentera plus de 600 km de lignes.

La Compagnie du Midi a aussi envisagé pour plus tard l'extension de l'électrification à d'autres parties de son réseau en prolongement des lignes qui viennent d'être énumérées; ce sont les sections de Toulouse à Montréjeau de Pau à Puyôo et probablement à Bayonne, de Toulouse à Ax-les-Thermes avec des embranchements actuellement à l'étude. L'électrification de Toulouse à Montréjeau sera avantageuse lorsque la section Montréjeau-Pau sera électrifiée; elle permettra d'assurer avec la même locomotive, comme cela a lieu maintenant, le parcours de Toulouse-Pau et même à Puyôo et de réaliser la meilleure utilisation possible des machines et du personnel.

Nous allons maintenant examiner les dispositions qui ont été prises pour cette électrification.

Ligne de Cerdagne. — Cette ligne bien connue est en exploitation depuis le milieu de l'année 1910. La traction électrique est faite au moyen du courant continu à 850 volts distribué sur la ligne par un rail en acier extérieur à la voie de roulement.

Lignes des Conventions de 1907 et 1908 ainsi que celles de Perpignan à Villefranche. — L'électrification des lignes actuellement en exploitation est commencée depuis 2 ans. La Compagnie compte inaugurer la traction électrique sur les lignes de Tarbes à Pau, Lourdes à Pierrefitte et Perpignan à Villefranche avant le 1er janvier 1914.

Le courant adopté pour la ligne de travail est le courant monophasé à 16 périodes et 12 000 volts.

Il est nécessaire, pour la justification de ce choix, de rappeler que l'étude de l'électrification a été faite en 1907. A cette époque, il ne pouvait être question que du courant alternatif pour l'électrification d'un réseau appelé à un

[1] Communication faite par Jullian à la séance du 17 avril de la Société internationale des Électriciens (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 3e série, t. III, p. 333 à 358).



grand développement en longueur, car le courant continu à haute tension n'avait encore reçu que de timides applications et moins encore qu'aujourd'hui on ne pouvait avoir grande confiance ni dans la construction des moteurs, ni dans l'avantage économique de ce mode de traction.

Les ingénieurs de la Compagnie ne crurent pas devoir envisager l'emploi de courant triphasé en raison des difficultés qu'il entraîne pour l'équipement des grandes gares et pour la réalisation d'une gamme de vitesses compatible avec les horaires des trains.

Le courant monophasé restait seul. Sa fréquence a été fixée à 16 périodes pour avoir les meilleures conditions de fonctionnement des moteurs à collecteur du type série. Les ingénieurs de la Compagnie ont jugé, et l'expérience leur a donné raison, que les moteurs répulsion s'accommoderaient mal d'un régime aussi variable que celui résultant de la traction électrique.

La tension sur la ligne de travail a été fixée à 12 000 volts dans un but économique; elle est assez élevée pour permettre d'espacer considérablement les sous-stations; elle ne l'est pas assez pour entraîner des difficultés d'isolement appréciables.

La distribution d'énergie est prévue avec du courant monophasé à la tension de 60 000 volts. Les alternateurs des usines produiront ce courant à 6000 volts; des transformateurs porteront cette tension à 60 000 volts, dans les sous-stations la tension sera descendue à 12 000 volts pour l'alimentation de la ligne de travail. La distribution du courant en alternatif simple se justifie par raison d'économie. Les alternateurs monophasés coûtent, il est vrai, plus cher que les alternateurs triphasés, mais, par contre, l'équipement monophasé à haute tension de l'usine, y compris les transformateurs, est meilleur marché que le triphasé. La ligne de transport en monophasé ne contenant que deux fils coûte moins que la ligne en triphasé. Enfin, et surtout les sous-stations ne contiennent que des transformateurs statiques. Dans l'ensemble, l'avantage a paru rester à la distribution en monophasé.

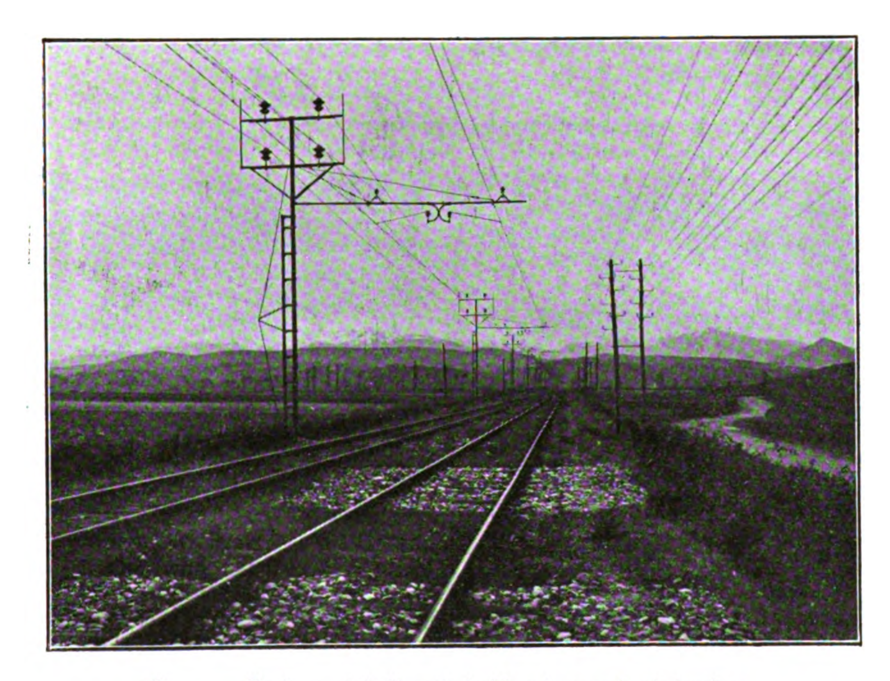


Fig. 1. — Equipement de ligne à double voie avec haute tension.

Équipement électrique des voies. — Dans les essais sur la ligne de Villefranche-Vernet-les-Bains, six modèles d'équipement ont été établis (¹) : quatre appartenant au type caténaire simple, un au type caténaire double, un enfin au type rigide; les portées étaient de 100 m, 60 m ou 50 m, et les sections un peu longues étaient pourvues de dispositifs de compensation.

Les supports des lignes étaient soit en béton armé, soit en treillis de cornières de fer, soit en vieux rails assemblés par des éclisses suivant un type depuis longtemps adopté par la Compagnie pour ses installations fixes des gares.

Il est ressorti nettement de ces essais que les meilleures lignes sont les plus simples, car presque tous les incidents sont dus au mauvais fonctionnement ou à la rupture d'organes introduits pour réaliser une meilleure compensation et une plus grande flexibilité à la ligne, et dont l'efficacité est en général très contestable.

Pour préciser, sur les lignes comportant des courbes assez nombreuses de rayon généralement compris entre

(¹) *Voir* la description détaillée de ces équipements publiée dans *La Revue électrique* des 12 mai 1911, p. 424-439 et 9 août 1912. p. 120-125.



350 et 800 m, parcourues par des trains dont la vitesse reste dans les environs de 75 à 80 km : h, sans dépasser 90 km : h, le choix doit s'arrêter sur le type de caténaire simple, sans compensation avec des portées de 50 ou 60 m et poteaux de rappel dans les courbes pour ramener le fil de travail vers l'axe de la voie lorsque c'est nécessaire; le câble de support doit, dans ce cas, être fixé invariablement sur l'isolateur à chaque console.

Quant aux pylônes, ceux en ciment armé sont d'un prix trop élevé et d'un montage trop pénible à cause de leur poids sur les lignes en exploitation.

Le pylône type Midi en vieux rails assemblés convient aux lignes à voie unique, même s'il doit supporter les câbles de la haute tension à la condition que ces câbles soient placés symétriquement par rapport à l'axe du pylône. Ils coûtent bien moins cher que les autres poteaux, sont d'un mâtage facile et ne gênent pas sensiblement la visibilité.

Pour les lignes à double voie, sur lesquelles passent les câbles à haute tension le pylône en rails n'est pas assez robuste, il faut adopter le treillis en fers cornières.

Conformément à ces conclusions, l'équipement des voies des lignes des Pyrénées-Centrales sera fait comme suit:

De Montréjeau à Pau, double voie et ligne haute tension, pylônes en treillis avec cadres en drapeau pour le support de la haute tension caténaire simple, portées 50 à 60 m (*fig.* 1).

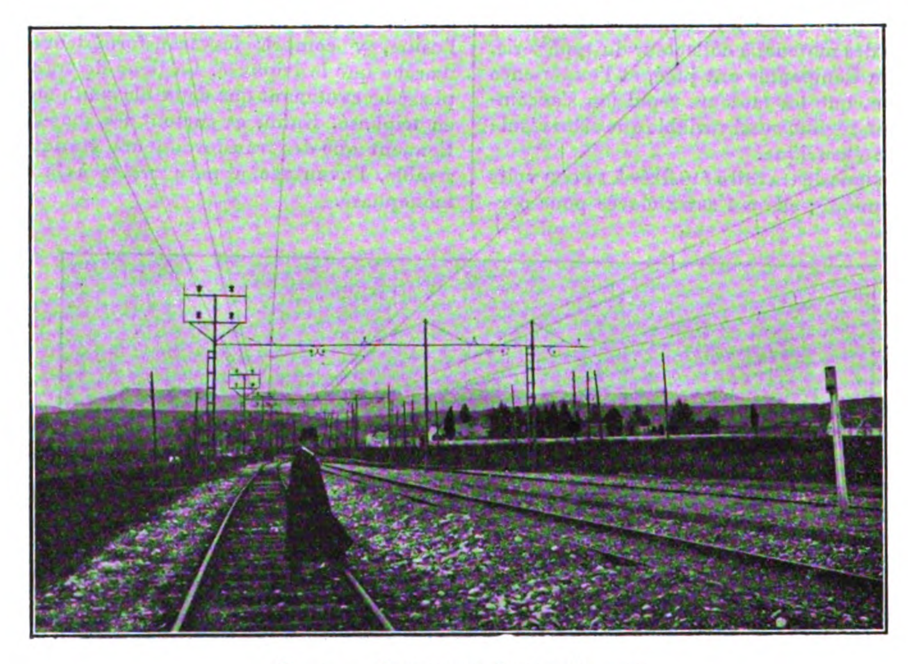


Fig. 2. — Equipement d'une petite gare.

Sur les embranchements, poteaux en vieux rails, caténaire simple, longueur maximum des portées 50 m.

Sur les embranchements d'Arreau et de Pierrefitte, qui sont à voie unique et à l'extrémité desquels se trouveront les usines centrales, les pylônes en vieux rails sont surmontés d'un cadre pour supporter les isolateurs de la ligne haute tension.

Le fil de travail est en cuivre rouge, de 100 mm² de section; il est de section circulaire et est rainuré pour la prise des pinces des pendules.

Le transport à haute tension est fait par deux lignes normalement en parallèle et comprenant chacune deux câbles en aluminium de 131 mm² de section sur les embranchements d'Arreau et de Pierrefitte, et de 81 mm² de section sur les autres lignes.

Les isolateurs sont en porcelaine sur la ligne de Lourdes à Pierrefitte, en verre partout ailleurs. Ceux de la haute tension ont été essayés à 150 000 volts, ceux de la ligne de travail à 45 000 volts.

En face de chaque pylône, pour éviter que le rail ne prenne un potentiel élevé par rapport à la terre, une connexion est établie entre le rail de roulement, le pylône et la terre. Les joints des rails de roulement sont munis de connexions en cuivre.

L'équipement des gares est suspendu à des portiques dont les montants sont de vieux rails. Ce mode de construction est économique et n'apporte que le minimum de gêne, soit à la circulation, soit à la vue. Des interrupteurs à corne sont placés à chaque extrémité des gares pour isoler les lignes de travail de la gare si c'est nécessaire; ils sont manœuvrés à la main (*fig.* 2).

Les lignes haute tension ne traversent pas, en général, les gares; elles contournent : sur les voies secondaires, la section du fil de travail est réduite à 50 mm².

Dans les grandes gares où, pour des raisons diverses, il peut être nécessaire de faire circuler des agents sur les voitures, des sections isolées sont ménagées sur la partie

des lignes de travail correspondant aux voies de stationnement des trains; ces sections peuvent être mises en circuit ou hors circuit par la manœuvre d'interrupteurs concentrés dans un poste placé à proximité du bureau du chef de service. Ce poste est séparé du circuit général à 12 000 volts par un interrupteur à huile que l'on doit obligatoirement ouvrir avant de toucher aux interrupteurs d'isolement des voies. Bien qu'ainsi il y ait deux opérations à faire, la mise hors circuit peut être opérée en un temps excessivement réduit.

L'équipement des voies n'est pas terminé sur toutes les sections électrifiées; mais on peut, dès maintenant, établir son prix de revient sur les lignes de Lourdes à Pierrefitte et de Tarbes à Pau.

Sur la première, qui est à voie unique parcourue par la ligne haute tension et dont la longueur est de 21 km, la dépense totale est arrêtée à 410 000 fr, comprenant l'équipement des voies secondaires des gares, sauf celles de Lourdes, et toutes fournitures. Mais le prix ne comprend pas les dépenses qui seront engagées pour éviter les troubles que les courants de traction apportent aux transmissions télégraphiques et téléphoniques, tant de l'État que de la Compagnie. Le kilomètre équipé revient donc à 19 500 fr.

Sur la section de Tarbes à Lourdes, à double voie avec haute tension, dont la longueur est de 21 km, le prix de l'équipement est arrêté à 450 000 fr dans les mêmes conditions que ci-dessus; le kilomètre équipé revient donc à 21 500 fr.

Sur la section de Lourdes à Pau, dont l'équipement diffère de celui de la section précédente par la substitution de pylônes en treillis aux pylônes en vieux rails, le kilomètre équipé reviendra à un prix sensiblement plus élevé.

Le coût de l'équipement des grandes gares n'est pas encore connu. Ce renseignement variera avec chaque gare suivant les dispositions locales et, par suite, il présente un intérêt moindre au point de vue documentaire.

Usines centrales. Sous-stations. — Pour les Pyrénées-Centrales, les usines seront au nombre de deux : l'une à Soulom, au confluent des deux gaves de Pau et de Cauterets, l'autre à Eget dans la vallée de la Neste.

Pour les transpyrénéens, elles seront également au nombre de deux : l'une, pour le transpyrénéen d'Ax-les-Thermes à Puycerda, sera située à Porté sur le versant sud du col de Puymorens; l'autre, pour le transpyrénéen de Canfranc, sera située au confluent du Sousouéou et du gave d'Ossau.

Enfin, pour la ligne de Perpignan à Villefranche, l'usine sera à Fontpédrouse, sur la rivière de la Têt, à 8,500 km environ à l'aval de l'usine de La Cassagne; cette usine pourra être renforcée, s'il est nécessaire, par celle aménagée à Villefranche pour les essais.

L'usine de Soulom est celle dont les travaux sont les plus avancés. Elle utilise les eaux des deux cours d'eau différents et, chacune d'elles, avec des hauteurs de chute différentes : 115 m pour le gave de Pau, 250 m pour le gave de Cauterets. Il n'a pas été construit de bassin régulateur sur ces cours d'eau, mais leur débit est tel que la puissance continue qu'ils permettent d'obtenir à l'étiage est pour l'ensemble de 10 300 chevaux. Cette puissance peut, grâce à d'importants bassins construits en tête des conduites forcées, être portée à 18 000 chevaux pendant un temps variable, bien entendu, avec l'importance du débit supplémentaire demandé et sera suffisante pour assurer le service des trains.

L'usine comprend six groupes électrogènes, trois pour chaque gave, d'une puissance de 3500 chevaux capables de supporter une surcharge de 25 pour 100 pendant 30 minutes. Ces groupes sont constitués par une turbine de 3500 chevaux et un alternateur monophasé de 3000 kv-A, produisant du courant à 6000 volts, 16,6 périodes.

Il ne sera possible de connaître exactement le coût du cheval installé que lorsque l'aménagement du gave de Cauterets sera terminé. Ce coût paraît devoir être de 400 fr environ : 340 fr pour les travaux hydrauliques et 60 fr pour les machines.

L'usine d'Eget n'est pas encore commencée. L'État a effectué seulement quelques travaux pour l'établissement du barrage grâce auquel on obtiendra une réserve de 7 à 8 millions de mètres cubes dans le bassin de l'Oule.

L'usine, d'après les premiers renseignements fournis sur l'énergie disponible dans ce bassin et sur le régime des eaux, aura une puissance d'environ 18 000 chevaux. Elle comprendra quatre groupes de 5000 chevaux sur l'arbre de la turbine, dont un de réserve et à la puissance près, elle reproduira les dispositions de l'usine de Soulom.

Il serait possible d'augmenter très sensiblement la puissance de cette usine en envoyant dans ses turbines pendant une partie de l'année des eaux du lac d'Orédon aménagé pour la régularisation des eaux de la Neste; l'opération ne serait ni difficile ni coûteuse, et des pourparlers ont déjà eu lieu avec le Ministère de l'Agriculture, directement intéressé à la question.

Les usines d'Eget et de Soulom pourront débiter en parallèle sur la ligne haute tension de Montréjeau à Pau. Mais, en pratique, ce n'est pas ainsi qu'elles travailleront, car la marche en parallèle offrirait de sérieuses difficultés. En réalité, chacune fournira l'énergie à une section distincte de celle de l'autre, mais le point de sectionnement variera dans la journée et dans l'année, de façon qu'il y ait la même charge pour les deux usines.

Les sous-stations seront au nombre de cinq et sont placées à Montréjeau, Lannemezan, Tarbes, Lourdes et Pau.

Leur puissance normale est de 2500 kv-A; elles peuvent fournir en surcharge pendant 1 heure 3750 kv-A et, en pointe, pendant 1 ou 2 minutes, 5000 kv-A.

Elles comportent trois groupes de transformation, dont un de réserve.

Usines de Porté et du Sousouéou. — Les travaux de ces usines ne sont pas encore commencés. Les études entreprises par les ingénieurs de l'État ne sont un peu avancées que pour l'usine de Porté dont voici les caractéristiques hydrauliques :

Une réserve d'eau de 25 millions de mètres cubes sera aménagée au lac de Lanoux à la cote 2100 dans le massif du Carlitte et elle permettra d'assurer toute l'année un débit de 700 l : s. Avec une chute de 500 m, on aura donc une puissance continue de 3500 chevaux; cette puissance ne sera pas nécessaire pendant plus de la moitié de la journée; par contre, elle devra être un peu plus que doublée à certaines heures.



Cette répartition des puissances sera facilitée par la présence d'un bassin de 5500 m³ prévu en tête des conduites forcées qui assure une réserve toujours prête de 6000 chx : h.

Usine de Fontpédrouse. — Les travaux de cette usine sont aussi avancés que ceux de l'usine de Soulom; la mise en route aura lieu vers le milieu de juin prochain.

L'usine comprend deux groupes électrogènes constitués chacun par une turbine double à libre déviation genre Pelton et d'un alternateur monophasé de 1375 kv-a, débitant du courant monophasé à $16\frac{2}{3}$ périodes à la tension de 13 500 volts avec excitatrice en bout d'arbre; les turbines et les alternateurs sont réunis par un accouplement élastique et tournent à 500 t : m.

Matériel moteur. — Le matériel moteur comprendra des locomotives et des automotrices, les premières plus spécialement affectées aux grand trains formés de matériel en provenance et à destination des sections non électrifiées, les secondes réservées à peu près exclusivement aux embranchements et aux trains ne circulant que sur la section électrifiée.

C'est principalement pour recueillir les éléments nécessaires à la fixation du type des locomotives et des automotrices que la Compagnie du Midi a procédé en 1912, sur la ligne de Perpignan à Villefranche, aux essais dont il a été déjà fait mention.

Trois des locomotives soumises aux essais ont satisfait aux conditions imposées; ce sont celles construites par les Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est (¹), la Compagnie française Thomson-Houston (²) et la Compagnie française Westinghouse (³). L'automotrice construite par cette dernière maison a également satisfait aux conditions qui étaient imposées.

Toutes les locomotives ont trois essieux moteurs et un bissel à chaque extrémité.

La locomotive des Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est appartient au type dénommé « gearless » par les Américains; le couple du moteur est transmis à la roue par un pignon calé sur l'arbre du moteur et par une roue d'engrenage actionnant l'essieu par l'intermédiaire d'un dispositif élastique.

Cette disposition, qui entraîne l'emploi d'au moins un moteur par essieu, permet de diviser la puissance en un grand nombre de moteurs, ce qui facilite leur construction ainsi que l'aménagement de la locomotive; mais elle a l'inconvénient de placer très bas le centre de gravité de la locomotive, ce qui rend celle-ci plus agressive par rapport à la voie, et de nécessiter l'emploi d'essieux à fusées extérieures qui peuvent, principalement aux grandes vitesses, occasionner des déraillements si une suspension extrême se rompt. Mais il faut noter que, d'après l'expérience faite sur le chemin de fer de N. Y. N. H. H., avec un grand nombre de locomotives de ce type, il est permis de ne pas attribuer une trop grande importance à ces inconvénients.

La locomotive d'essais pèse 86 tonnes. La prise de courant sur la ligne se fait par deux pantographes.

(¹) Voir *La Revue électrique* du 14 juillet 1911, p. 25-34.
(²) Voir *La Revue électrique* du 7 mars 1913, p. 233-239.
(³) Voir *La Revue électrique* du 26 mai 1911, p. 458 et 471.

Au point de vue électrique, cette locomotive présente des dispositions intéressantes. Le contrôle de la marche se fait au moyen d'un régulateur d'induction qui permet d'éviter les contacteurs. Le fonctionnement de ce régulateur pendant les essais a donné satisfaction.

Les moteurs appartiennent au type série-répulsion; ils sont équipés de façon à démarrer en répulsion et se mettre automatiquement en série dès que la vitesse atteint 25 km : h, qui correspond au synchronisme.

Chaque moteur peut développer 400 chevaux en marche de 6 heures et 500 chevaux horaires.

Pendant les essais, le régulateur mécanique qui opère le changement automatique des connexions, pour passer de la marche répulsion à la marche série, a convenablement fonctionné.

Pendant la marche en répulsion, les enroulements inducteurs des trois moteurs sont réunis en parallèle, de sorte que l'induit de chacun d'eux ne peut prendre une vitesse sensiblement différente des deux autres; cela constitue un accouplement électrique qui a donné de bons résultats pendant les essais.

La locomotive est ventilée.

Pour la marche en récupération, les moteurs fonctionnant en génératrice utilisent pour leur excitation du courant décalé de 90° en arrière sur le courant de ligne; ce courant est fourni par un enroulement pris sur le stator des moteurs des ventilateurs. Après quelques tâtonnements au début, la marche en récupération a donné toute satisfaction.

Aux essais, cette locomotive a remorqué le train de 100 tonnes sur rampe de 17 mm à la vitesse de 60 km : h en prenant à l'usine 860 kilowatts, et le train de 280 tonnes sur la même rampe à la vitesse de 41 km : h en prenant à l'usine 1150 kilowatts.

Les conditions imposées pour le freinage électrique à la descente ont été remplies et la puissance renvoyée sur la ligne a souvent atteint 350 kilowatts. Il n'est pas possible de donner des indications exactes sur le facteur de puissance présenté par la locomotive aux différents régimes, car les appareils de mesure dont on disposait tant sur la locomotive que dans l'usine ne permettaient pas de calculer sa valeur d'une façon suffisamment précise. Mais ce qu'il faut signaler, c'est que, pour la marche en récupération, ce facteur est très voisin de l'unité; le courant débité peut en effet être mis en phase avec la tension et même décalé en avant.

La Compagnie du Midi a commandé huit locomotives de ce type avec des modifications dont les principales sont les suivantes :

La puissance sera portée à 1500 chevaux continus ou 1800 chevaux horaires et la vitesse pourra atteindre 100 km : h. Les deux bissels seront remplacés par deux bogies.

Au point de vue électrique, la marche en répulsion sera supprimée au démarrage et l'accouplement électrique des essieux sera réalisé à toutes les vitesses. Le freinage électrique et la marche en récupération qui ont donné de bons résultats seront conservés.

La locomotive pèsera 90 tonnes.

La locomotive de la Compagnie française Thomson-Houston n'est équipée qu'avec deux moteurs et l'emploi



de bielles a été indispensable. Deux faux essieux, dont les coussinets sont fixés sur les longerons à la hauteur des coussinets des essieux moteurs, servent d'intermédiaires entre les moteurs et les roues motrices et, pour cela, sont terminés à chaque extrémité par des manivelles accouplées par bielles : d'une part, avec les manivelles des arbres des moteurs; d'autre part, avec les manivelles des roues motrices extrêmes. Il existe, en outre, des bielles accouplant les trois roues motrices de chaque côté.

Cette disposition conduit à des moteurs volumineux, d'abord parce qu'ils doivent fournir chacun la moitié de la puissance de la locomotive, ensuite parce qu'ils doivent tourner à une vitesse ralentie qui est celle des roues. L'emploi des bielles a l'inconvénient d'occasionner des dépenses d'entretien appréciables, d'autant plus que l'accouplement entre les faux essieux et les roues motrices se fait dans des conditions défectueuses qui provoquent des échauffements fréquents. Par contre, le centre de gravité de la locomotive est élevé et les fusées des essieux sont intérieures.

La locomotive pèse 89 tonnes.

La prise de courant sur la ligne se fait par deux pantographes.

Au point de vue électrique, le contrôle de la marche s'obtient en faisant varier la tension d'alimentation des moteurs, ce qui nécessite l'emploi de contacteurs sur le secondaire du transformateur principal. Ces contacteurs entraînent un entretien qui n'est pas négligeable et le bruit et les phénomènes lumineux qu'ils occasionnent ne sont pas seulement désagréables, ils peuvent souvent effrayer les agents qui sont en service sur la voie et occasionner des accidents.

Les moteurs appartiennent au type série-répulsion et, comme dans la locomotive des Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est, les connexions sont automatiquement faites pour la répulsion, tant que la vitesse est inférieure à 25 km : h. Le fonctionnement de ce dispositif sur cette locomotive a donné lieu à de nombreux incidents.

Chaque moteur peut développer 600 chevaux en marche continue et 750 chevaux pendant 1 heure.

Pour la marche en récupération, le courant nécessaire à l'excitation des moteurs est fourni par un transformateur spécial; la mise au point du dispositif a été assez laborieuse. La locomotive est ventilée.

Aux essais, cette locomotive a remorqué, sur rampe de 17 mm, le train de 100 tonnes à la vitesse de 60 km : h en prenant à l'usine 940 kilowatts, et le train de 280 tonnes sur la même rampe à la vitesse de 41 km : h en prenant à l'usine 1080 kilowatts. Les conditions imposées pour le freinage à la descente ont été remplies et la puissance renvoyée dans la ligne a souvent atteint 400 kilowatts, mais avec un facteur de puissance qui paraît devoir être assez bas.

Comme pour la locomotive des Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est, beaucoup de petits détails de distribution intérieure des appareils laissent à désirer. Le constructeur procède à de nouvelles études pour supprimer les défauts qui lui ont été signalés, après quoi il proposera son nouveau projet à la Compagnie du Midi qui est disposée à l'examiner.

La locomotive Westinghouse est équipée avec deux moteurs, ce qui entraîne l'emploi de faux essieux et de bielles. Mais, dans cette locomotive, le mouvement de rotation du faux essieu est obtenu par un pignon calé sur l'axe du moteur et une roue d'engrenage calée sur les faux essieux et extérieure aux longerons. Cette disposition permet de faire tourner les moteurs à une vitesse plus grande que celle des roues.

Les manivelles des deux faux essieux sont réunies par une bielle d'accouplement ayant la forme d'un triangle isoscèle évidé qui présente à son sommet tourné vers le sol une cage rectangulaire à axe vertical.

Dans cette cage coulisse un coussinet dans lequel est engagé le bouton de manivelle de la roue motrice milieu. C'est ainsi que le mouvement des faux essieux est transmis à la roue milieu; celle-ci est, d'autre part, accouplée aux deux roues extrêmes au moyen de bielles. On a ainsi les avantages, sans en avoir les inconvénients, des dispositions des deux locomotives dont il a été fait mention plus haut.

La locomotive d'essai pèse 82 tonnes.

La prise de courant sur la ligne est faite par deux pantographes.

Au point de vue électrique, le contrôle de la marche s'obtient en faisant varier la tension d'alimentation des moteurs avec un dispositif des contacteurs dont le défaut a été signalé à propos de la locomotive Thomson-Houston. La commande des contacteurs est électropneumatique.

Les moteurs appartiennent au type série compensé et ils fonctionnent en série pendant toute la marche; ils sont ventilés; ils peuvent développer 600 chevaux en marche de 6 heures et 700 chevaux pendant 1 heure.

La locomotive n'est pas équipée pour le fonctionnement en répulsion. Le freinage électrique est obtenu en transformant les moteurs en génératrices et en les faisant débiter sur des résistances placées sur le toit de la locomotive.

Aux essais, cette locomotive a remorqué, sur rampe de 17 mm, le train de 100 tonnes à la vitesse de 62 km : h en ne prenant à l'usine que 790 kilowatts, et le train de 208 tonnes à la vitesse de 42 km : h en ne prenant à l'usine que 980 kilowatts; son rendement paraît donc supérieur à celui des deux autres locomotives, cela sera vérifié quand les mesures seront faites avec des appareils appropriés. Il va sans dire qu'à la descente la locomotive a pu retenir les trains dans les conditions imposées au programme.

Les automotrices fournies par la Société Westinghouse sont des voitures de 1re et 2e classes. Dans la caisse sont ménagés un fourgon à bagages, des compartiments de 1re et de 2e classe pour 48 places assises, deux postes de commande et la cabine haute tension; sous la caisse se trouve tout l'appareillage électrique et pneumatique. Les deux bogies type Brill sont à deux essieux et portent chacun deux moteurs.

Sur la caisse se trouvent deux pantographes pour la prise de courant.

En ordre de marche, elle pèse 55 tonnes.

Les quatre moteurs appartiennent au type série compensé et sont fortement ventilés; ils peuvent ainsi développer 100 chevaux en marche continue et 135 à 140 che-



vaux en marche d'une heure. Le contrôle de la marche et le freinage électrique sont obtenus de la même façon qu'avec la locomotive électrique fournie par la même maison.

Aux essais, l'automotrice a remorqué un train de 105 tonnes, soit 160 tonnes, elle comprise, à la vitesse de 60 km : h sur rampe de 17 mm; le freinage électrique a fonctionné d'une façon satisfaisante.

Au 1er juillet prochain, 15 de ces automotrices seront en service; il y en aura 30 avant la fin de l'année.

Afin d'éviter les troubles sur les appareils télégraphiques Morse, la Compagnie du Midi va essayer le dispositif imaginé par M. Girousse, ingénieur des Télégraphes.

Elle va appliquer d'abord ces protecteurs aux appareils des gares de la ligne de Perpignan à Villefranche et les généralisera, s'il y a lieu, à l'ensemble du réseau électrifié. L'Administration des Postes et Télégraphes a décidé d'installer ces appareils dans les bureaux qui seraient influencés par les courants de traction.

Pour assurer le bon fonctionnement du téléphone, cette Administration va remplacer les isolateurs ordinaires par d'autres à fort isolement, croiser les deux fils de ligne tous les 300 ou 400 m, et interposer des transformateurs entre les lignes et les appareils récepteurs; ce dernier dispositif, dont le but est d'éviter aux personnes les commotions dangereuses ou seulement désagréables, a le défaut d'affaiblir le son de la voix; c'est ce même défaut qui, jusqu'à présent, a fait laisser de côté les protecteurs pour appareils téléphoniques; les études de ces protecteurs ne sont pas cependant abandonnées.

La Compagnie du Midi aura probablement à faire les frais de tous ces travaux. Cela ne l'empêche pas de se préoccuper des moyens propres à rendre le courant de traction aussi inoffensif que possible pour les lignes télégraphiques et téléphoniques. Pour cela, elle envisage l'adjonction, aux alternateurs et aux moteurs, de dispositifs étouffeurs d'harmoniques d'ordre élevé auxquelles doivent être attribués en très forte proportion les phénomènes perturbateurs.

Les nouvelles voitures automotrices des Chemins de fer de l'État.

Ainsi qu'il a été indiqué dans un récent numéro de *La Revue électrique* (1) les chemins de fer de l'État vont réorganiser tout leur service de banlieue de la gare Saint-Lazare à l'aide de voitures automotrices. Voici quelques détails sur ces voitures dont les figures 1 et 2 donnent la vue extérieure :

Leur longueur totale est de 21,90 m et leur poids à vide de 44 tonnes, soit un poids total de 52 tonnes avec le chargement normal de 100 voyageurs et de 58 tonnes avec le chargement maximum de 200 voyageurs. L'équipement électrique pèse environ 3 tonnes.

Le châssis portant la caisse repose sur deux bogies à deux essieux distants de 16,30 m et composés de deux essieux à roues de 0,90 m, écartés de 2,8 m. La caisse possède à chaque bout une cabine de manœuvre de façon que les voitures, qui souvent circuleront isolément, puissent marcher dans une orientation quelconque sans nécessiter aucune manœuvre aux terminus. Elle comporte trois grands compartiments : un de 1re classe, un de 2e classe et un fourgon.

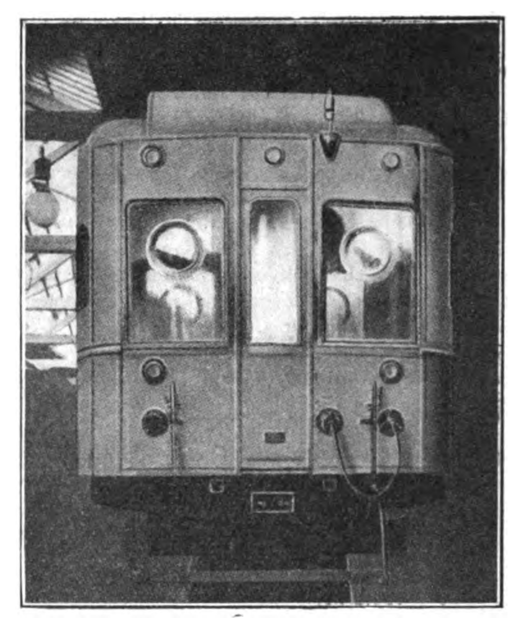


Fig. 1.

Un seul des deux bogies, celui placé au-dessous du fourgon, est moteur. Les deux essieux sont commandés

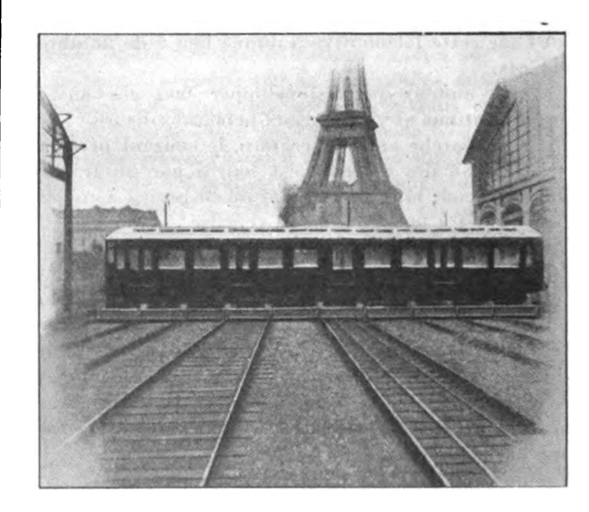


Fig. 2.

chacun par engrenages par un moteur de 250 chevaux permettant d'atteindre en palier une vitesse de 80 km : h avec la charge normale de 100 voyageurs et de 65 km : h

(1) Voir *La Revue électrique*, t. XIX, 18 avril 1913, p. 362.



avec la charge maximum de 200 voyageurs. Cette vitesse descend, en charge normale, à 65 km : h en rampe de 5 pour 1000 et à 59 km : h en rampe de 10 pour 1000.

En dehors des moteurs, le courant principal à 650 volts pris par des sabots sur le troisième rail alimente un circuit d'éclairage de 10 ampères, deux circuits de chauffage de 10 et 20 ampères, un compresseur d'air de 10 ampères et enfin un circuit de commande à unités multiples. Les lignes d'éclairage et de chauffage traversent seules le plancher incombustible, en métal recouvert de ciment. Tous les câbles parcourus par le courant principal sont logés sous le plancher de la voiture dans des tubes en acier, ainsi qu'on le voit sur la figure 3.

La commande des automotrices se fait par un système à unités multiples analogue au Sprague-Thomson employé au Métropolitain et comportant comme particularité principale l'usage d'un relais d'accélération qui règle automatiquement la vitesse de passage de la position de couplage en série ou en parallèle avec toutes les résistances en circuit à la position finale série ou parallèle sans résistance, en passant par les positions avec résistances intermédiaires. Cette vitesse ne dépend que de l'intensité instantanée prise par les moteurs et est indépendante de la vitesse de manœuvre du manipulateur par le mécanicien [1]. Celui-ci ne s'arrête normalement qu'à la marche à petite vitesse correspondant au couplage en série sans rhéostat et la marche à vitesse normale correspondant au couplage en parallèle sans rhéostat ; l'accélération proprement dite avec laquelle ces vitesses sont atteintes ne dépend pas de lui, mais du relais automatique; il peut toutefois s'arrêter aux 1er et 3e crans du manipulateur, donnant des vitesses réduites correspondant aux couplages en série ou en parallèle avec toutes les résistances en série. Il peut en outre, avec un peu d'habileté, s'arrêter encore en cas de besoin à une position série ou parallèle intermédiaire en ramenant la manette du manipulateur en arrière des crans 2 ou 4 aux crans 1 et 3 avant que le couplage final soit atteint. En outre il peut, à l'aide d'un commutateur, faire cesser l'action du relais d'accélération pour marcher à vitesses réduites; c'est le cas qui se présentera notamment pour l'ascension de la rampe très forte de Saint-Germain. Ces dispositions n'existaient pas sur le système de commande à unités multiples Thomson-Houston des trains de Versailles, dans lequel le mécanicien réglait lui-même l'accélération de la vitesse par la manœuvre du manipulateur. Le système de l'accélération automatique exige moins d'attention de la part du mécanicien; de plus elle permet de faire usage, dans un même train, d'unités qui ne sont pas dans des conditions rigoureusement semblables de moteurs ou d'usures des bandages parce que l'accéléra-

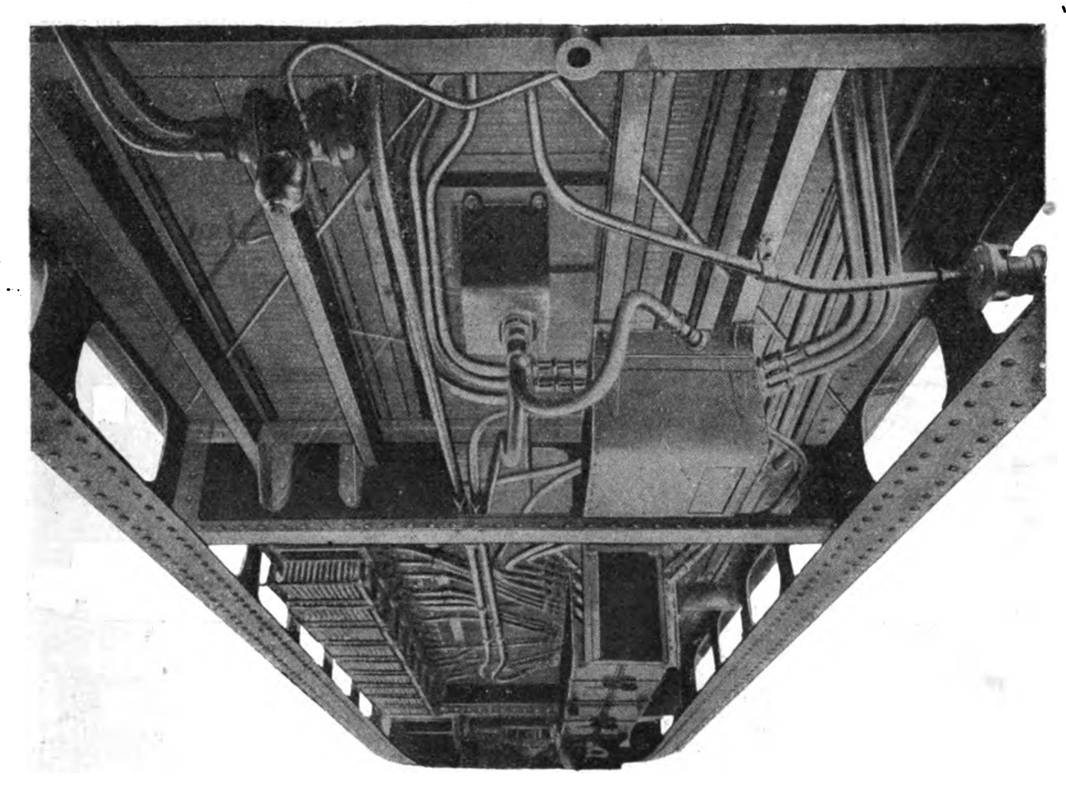


Fig. 3.

[1] Le fonctionnement de ce relais d'accélération a été décrit en détail à propos du Sprague-Thomson du Métropolitain.

tion se trouve réglée isolément sur chaque motrice par son propre relais.

Les automotrices de l'État comportent un dispositif supplémentaire qui n'existe pas sur le matériel du

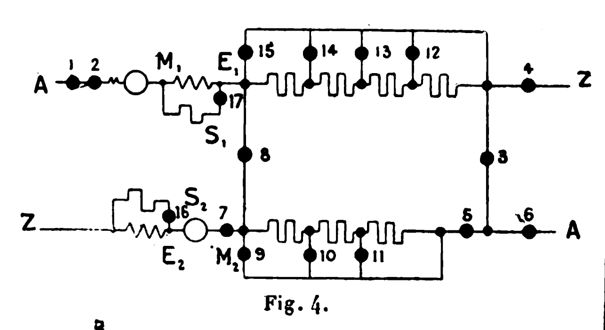


Fig. 4.

Métropolitain. Outre les couplages ordinaires série et parallèle des deux moteurs réalisés par 15 contacteurs 1 à 15 (*fig.* 4), on peut encore, à l'aide de deux contacteurs 16 et 17, shunter les inducteurs des moteurs et obtenir ainsi une augmentation de vitesse de 5 km:h environ, pour rattraper un retard du train. Ce shuntage des inducteurs est effectué lorsque le mécanicien manœuvre un commutateur spécial placé à côté du manipulateur principal. La commande de ce commutateur se fait par un fil indépendant venant s'ajouter aux cinq de la commande ordinaire (un pour marche avant, un pour marche arrière, un pour couplage série, un pour couplage parallèle, un pour l'accélération); il existe toutefois des enclenchements ne permettant le shuntage des inducteurs que si la position de couplage en parallèle sans résistance est déjà atteinte. La canalisation générale du train, avec organes de couplage aux extrémités de chaque véhicule, comporte encore un fil pour la marche simultanée des compresseurs, soit au total sept fils.

L'équipement possède un relais de tension comprenant un enroulement interposé entre les sabots et la terre.

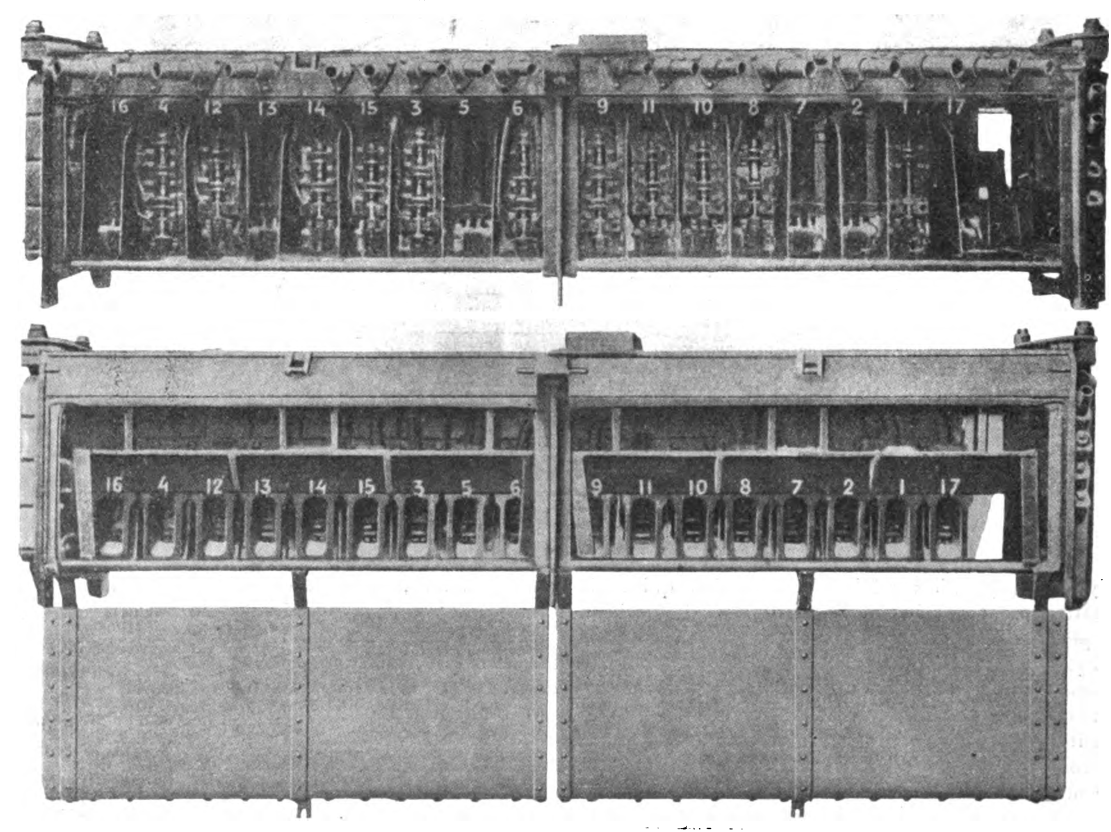


Fig. 5 et 6.

Lorsque les sabots franchissent, dans une gare, une interruption du troisième rail, ce relais coupe seulement le circuit d'accélération, de sorte que les contacteurs reprennent leur marche dès que le courant est rétabli sur la ligne.

Les figures 5 et 6 donnent la vue des deux côtés de la rangée des 17 contacteurs logés sous le châssis.

Le manipulateur comporte, comme il a été dit, quatre crans pour la marche avant; pour la marche arrière, il n'en possède que deux correspondant au couplage en série avec et sans résistances. Il permet également le freinage électrique.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

TÉLÉPHONIE.

Utilisation de dispositifs automatiques dans le service manuel (1).

Le Post Office britannique a envisagé l'utilisation de dispositifs automatiques qui ont pour but : (*a*) de répartir également le trafic sur les positions d'opératrices; (*b*) d'améliorer le service sur les lignes de conversation quand plusieurs aboutissent à une même opératrice B; (*c*) de répartir les appels des téléphonistes A sur les positions B, dans le cas d'un grand nombre de lignes auxiliaires.

Distributeur du trafic. — Un de ces dispositifs va être prochainement installé dans un bureau de Londres. Les lampes et jacks individuels, à l'usage exclusif de chaque abonné, vont être remplacés par un groupe de 10 à 20 organes analogues, d'usage commun, et relié à l'appareil distributeur d'appels. Chaque opératrice ne pourra recevoir qu'un appel à la fois. Pendant qu'elle y répond, une lampe peut s'allumer pour l'appel suivant, mais tout le reste du trafic est renvoyé sur d'autres positions.

De cette façon, le nombre des opératrices est proportionné à chaque instant à l'intensité du trafic : chacune donne son rendement maximum. D'autre part l'abonné trouve toujours une opératrice prête à lui répondre.

Il faut avoir soin de prendre toute disposition nécessaire pour que les lignes d'abonnés en dérangement soient immédiatement reconnues et éliminées de l'appareil distributeur.

Si l'expérience réussit, les dicordes seront remplacés par des monocordes sur les positions d'opératrices, et il en résultera encore une accélération du service.

Amélioration du service des lignes de conversation. — On se propose d'utiliser un dispositif automatique permettant à l'opératrice B de se relier à une seule ligne de conversation à la fois et de couper toutes les autres. Elle est avisée par une lampe qu'elle est appelée par une autre téléphoniste. On estime qu'il y aura ainsi moins d'erreurs.

Sélecteurs d'appel pour téléphonistes B. — Cet appareil a pour but de remédier aux inconvénients des lignes de conversation actuelles, au moment où le trafic est très chargé. Plusieurs téléphonistes peuvent en effet appeler à la fois l'opératrice B, il en résulte de la confusion et des erreurs; ou bien une téléphoniste A éprouve de la difficulté à entrer en relation avec B, ce qui est une cause de retard.

On a installé au bureau central de Londres un dispositif automatique qui présente les particularités suivantes :

Il y a un sélecteur par position A. Quand on enfonce la clef de conversation, le sélecteur se met en marche et s'arrête sur une ligne dont l'opératrice B est libre.

Une seule opératrice A peut être reliée à une même opératrice B au même moment.

Un toc indique à A qu'elle a obtenu une ligne libre.

Quand les positions B sont coupées (la nuit par exemple), une lampe s'allume sur le tableau quand A appelle.

Toute position B peut être coupée, quand elle n'est pas en service, par exemple, ou quand toutes ses lignes de conversation sont occupées.

Dans ce dernier cas, une lampe s'allume au tableau.

Si cette lampe est allumée, parce que B n'est pas en service, la lampe peut être éteinte, sans rendre pour cela B accessible aux appels.

La surveillante est avisée par une lampe placée sur sa table quand toutes les positions B sont occupées. Elle peut s'apercevoir ainsi que le trafic est devenu plus intense et que le nombre des opératrices doit être augmenté.

Le moteur qui donne le courant aux sélecteurs peut être arrêté pendant la suite. Il se remet en marche dès que A appelle.

Un dérangement dans les interrupteurs est immédiatement signalé par une lampe.

Dans le cas où le moteur des sélecteurs est en dérangement, on peut disposer à la main les sélecteurs, de manière à distribuer le trafic sur les positions B comme on le désire. On applique alors la méthode ordinaire d'exploitation des lignes de conversation.

L'installation a été réalisée par MM. Siemens Bros and C°.

(1) Communication faite par W. Slingo à la séance du samedi 24 mai 1913 au Congrès des Ingénieurs électriciens d'Angleterre et de France.

Le téléphone original d'Alexandre Graham Bell.

Le premier téléphone de Graham Bell est conservé dans le musée rétrospectif de la Western Electric Co, à New-York; des reproductions fidèles en ont été faites et à la séance du 5 mars de la Société internationale des Électriciens, M. H. Planchon, après avoir répété avec deux de ces reproductions l'expérience primitive de Bell, annonçait que, au nom de la Société Le Matériel téléphonique, il offrait l'un des appareils à la Société internationale des Électriciens pour son musée rétrospectif, l'autre au Conservatoire des Arts et Métiers pour être placé dans ses collections. La figure 1 donne une vue de l'un de ces appareils.

Le téléphone original de Bell, dont la construction répond à la description qui en est donnée dans le brevet qui fut délivré à Bell le 7 mars 1876, il y a par conséquent 37 ans, est constitué par une membrane M (*fig.* 2) en baudruche épaisse, tendue fortement à l'extrémité d'un tube T qui est lui-même monté sur une base en bois percée d'un trou. Deux montants latéraux U portent une pièce transversale B sur laquelle est monté un électro-aimant HE. Une des branches de l'électro-aimant porte, à son extrémité, une lame d'acier formant armature



pivotant en A et fixée au centre de la membrane par l'intermédiaire d'un petit bouchon en liège qui est serré

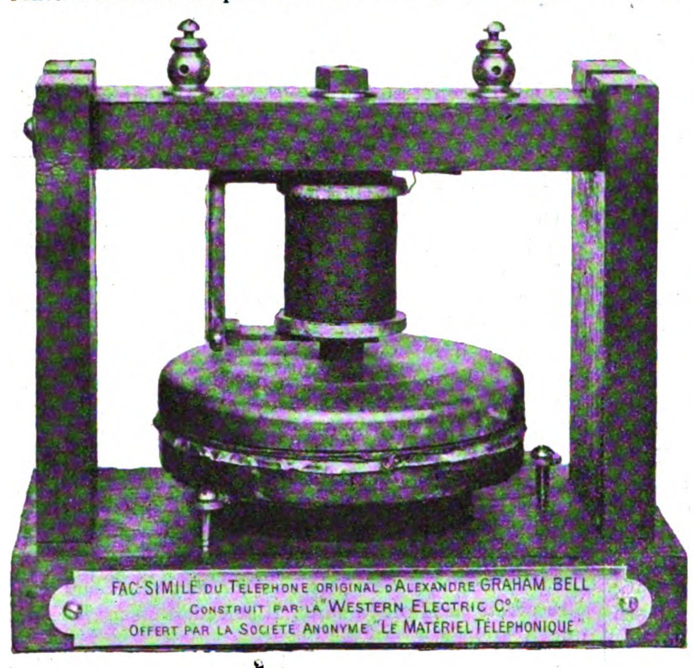


Fig. 1.

contre la membrane au moyen d'une rondelle et d'une vis. La barre transversale B est placée dans des encoches ménagées dans les supports U, de telle sorte qu'en variant la position de cette barre dans les encoches on puisse obtenir un réglage de la distance entre l'armature et l'extrémité C du noyau de l'électro-aimant.

Deux instruments semblables sont montés en série avec quelques éléments de pile. En causant devant l'ouverture du tube T de l'un des instruments on produit, par suite des vibrations de la membrane, des courants ondulatoires dans le cir-cuit et la membrane du second instrument se met à vibrer.

Les premières expériences faites avec ce genre d'appareil eurent lieu dans les premiers jours de juillet 1875. M. Planchon rapporte comme il suit les résultats de ces expériences et de celles qui furent effectuées en juin 1876 à l'Exposition de Philadelphie avec des appareils ne différant des précédents qu'en ce que la membrane était constituée par une lame de fer qui remplaçait la membrane en baudruche et l'armature mobile en acier.

« Un des instruments était placé dans une pièce du haut d'un bâtiment occupé par les ateliers d'un certain M. Williams, 109, Court Street, à Boston, l'autre instrument étant placé dans une pièce du rez-de-chaussée.

» M. Bell se mit à parler, à crier et à chanter dans l'instrument de l'étage supérieur en tenant sa bouche le plus près possible de l'ouverture. Tout d'un coup, son aide, M. Watson, qui avait écouté à l'autre instrument, fit irruption dans la pièce où se trouvait M. Bell. Il était à la fois très surexcité, très ému et très joyeux, car il venait d'entendre pour la première fois des paroles transmises électriquement sur un fil. La transmission ne devait pas être à vrai dire très bonne, car l'expérience ayant été répétée, M. Bell, qui écoutait à son tour pendant que M. Watson parlait, ne put distinguer aucune parole; il entendit tout au plus quelques sons vagues qu'il ne put identifier.

» Cette expérience, toutefois, fut le point de départ des perfectionnements qu'il apporta par la suite au téléphone à membrane qui devait recevoir sa consécration officielle à l'Exposition du centenaire de l'indépendance des États-Unis, à Philadelphie, le 25 juin 1876. Ce jour-là, Dom Pedro, empereur du Brésil, qui visitait l'Exposition et qui était accompagné d'une Commission de savants, dont les professeurs Sir William Thomson (plus tard Lord Kelvin) et Joseph Henry, s'arrêta devant M. Bell qu'il avait connu quelques années auparavant alors qu'il visitait une école de sourds-muets où il professait. Il examina sa modeste installation, qui était passée inaperçue jusque-là, et essaya avec M. Bell les téléphones exposés. Sa surprise fut si grande de constater que la parole était transmise et entendue parfaitement qu'il invita les membres de la Commission à parler et à écouter à leur tour.

» A partir de ce moment, la nouvelle invention fut définitivement reconnue, et M. Bell eut la satisfaction de recevoir les compliments sincères de toutes les personnes présentes qui étaient singulièrement surprises et émues. »

Peu de temps après l'Exposition, le 9 octobre 1876, la

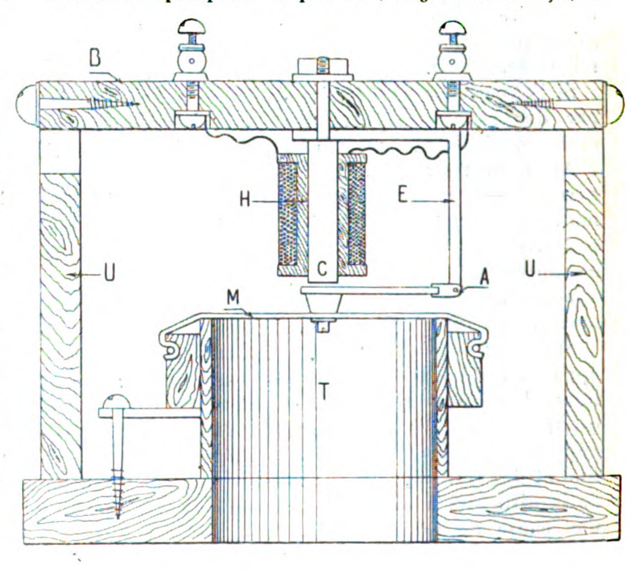


Fig. 2.

première conversation sur fil aérien eut lieu entre les bureaux de la Walworth Manufacturing Co, situés à Boston et l'usine de Cambridge, port de cette même Compagnie, à 3 km de distance environ.

ÉCLAIRAGE.

LUMINESCENCE.

Sur le fonctionnement des tubes luminescents au néon.

On sait que les tubes au néon présentent cette particularité de conserver une pression intérieure pratiquement constante pendant une très longue durée de fonctionnement, pourvu qu'on n'emploie qu'une densité de courant très faible aux électrodes dont la surface atteint à cet effet 4 ou 5 dm^2 par ampère. Il n'est donc point besoin de munir ces tubes, comme les tubes Moore à azote ou à gaz carbonique, de soupapes permettant d'y introduire périodiquement une certaine quantité de gaz pour remplacer celle qui est absorbée par les électrodes.

M. G. Claude a fait récemment diverses expériences pour se rendre compte jusqu'à quel degré le néon est rebelle à l'absorption par les électrodes; elles sont décrites dans une note à l'Académie des Sciences [1], note à laquelle nous empruntons les renseignements suivants :

Tout d'abord le néon est moins facilement absorbable que l'hélium. Si en effet un tube est chargé et « formé » avec du néon contenant un peu d'hélium, de l'ordre de 1 pour 100, cet hélium, dont les raies sont visibles aux électrodes, disparaît assez rapidement pendant le fonctionnement du tube et on le retrouve en plus forte proportion que le néon dans les gaz dégagés du métal volatilisé.

Dans une autre expérience, M. Claude prenait un mélange gazeux formé d'hélium et de 1 pour 100 de néon. La pression initiale de l'atmosphère du tube, après une formation par le charbon refroidi qui a encore dû diminuer la teneur en néon, était de 2,2 mm de mercure. Cette pression a progressivement baissé, pendant le fonctionnement du tube, à 1,3 mm, ce qui dénotait une absorption considérable du gaz. Or les raies du néon, bien visibles, sont restées jusqu'à l'arrêt presque aussi nettes qu'au début : le néon n'avait donc pas été absorbé.

D'autres essais ont été faits avec du néon contenant quelques centièmes d'azote, chargé dans le tube sous une pression de 1 à 2 mm, après purge préalable par l'action prolongée de la pompe à vide et du courant. Aussitôt après cette charge et sans aucune formation, le courant étant lancé dans le tube (la différence de potentiel nécessaire était relativement élevée : 3000 volts pour un tube de 6 m de long). Tout d'abord la lumière émise est formée des radiations de l'azote, parfois de l'hydrogène, à l'exclusion complète de celles du néon. Après quelques heures, une lueur rosée apparaît, en même temps que les raies du néon naissent dans le spectre et que la différence de potentiel aux bornes diminue notablement. Dès ce moment la lumière rouge orangé du néon envahit petit à petit le tube et devient bientôt seule visible. L'azote, comme l'hélium, est donc bien plus absorbable que le néon. La différence est assez importante pour qu'on puisse former un tube à néon simplement par le passage d'un courant sans avoir besoin de se servir de la formation par le charbon refroidi; toutefois ce dernier procédé est toujours le plus pratique, car il ne demande qu'un courant de faible durée sous une différence de potentiel moins élevée.

Le tube formé comme il vient d'être dit, par son fonctionnement même avec un courant de 0,3 à 0,5 ampère, fut soumis brusquement à un courant beaucoup plus intense, 1,7 ampère environ. On vit apparaître une lumière bleue suivie bientôt d'une lumière blanchâtre. Ce phénomène qui se produit pendant la formation aux régimes élevés de presque tous les tubes à néon, quelles que soient les électrodes, paraît dû à des hydrocarbures. Mais si au lieu de pousser le tube immédiatement après sa formation on le maintenait de longues heures à un régime modéré, le spectre du néon acquérait de plus en plus de stabilité et les spectres des impuretés produits par les régimes élevés n'apparaissaient plus que très difficilement

Une conséquence pratique de cette dernière propriété est qu'un tube mal formé pour une raison quelconque s'améliore toujours en service, en ce sens que les spectre du néon y devient de plus en plus pur et de plus en plus stable.

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CLVI, 28 avril 1913, p. 1317-1320.

Les dangers d'incendie des lampes à incandescence; Boje (*E.T.Z.*, 20 mars 1913, p. 327-328). — A propos de l'incendie du théâtre de Stettin, l'auteur a été chargé d'expertiser si la cause n'en pouvait pas être attribuée aux lampes électriques portatives. Il a, à cet effet, muni chaque type de protecteur d'une lampe à filament de carbone de 16 bougies, 220 volts et les a successivement enveloppés dans des étoffes en drap, laine, soie, toile, de façon à les isoler autant que possible de l'air. Un tube de verre, logé dans la masse, permettait de suivre les variations de température au voisinage de la lampe. Pour deux lampes, le drap s'est enflammé au contact de l'ampoule au bout de 25 minutes ; et au bout de 30 minutes sans toucher le verre. Les étoffes légères en laine, toile et soie prenaient feu au contact de l'ampoule dans les limites de 5 à 15 minutes. L'échauffement était tel que l'ampoule elle-même se ramollissait et s'écrasait. Les deux autres lampes, enveloppées dans des serviettes, ont provoqué des brûlures au bout de 30 minutes et 2 heures 40 minutes. On a noté 213° C. pour la température la plus élevée. On a expérimenté une lampe en l'enfermant dans une caisse avec des copeaux de bois; ceux-ci prirent feu au bout de 3 heures. Ces expériences démontrent nettement que toutes les lampes portatives actuellement en usage peuvent devenir dangereuses quand on les munit d'ampoules à filament de carbone de 16 bougies, 220 volts. Comme contre-épreuve, l'auteur a refait les mêmes essais avec les mêmes garnitures, mais munies d'ampoules à filament métallique de 16 et 50 bougies. L'inflammation était encore possible avec les ampoules de 50, 32 et 25 bougies; seule la lampe à filament métallique de 16 bougies n'a pu, en aucun cas, provoquer d'incendie. La température la plus élevée, 149° C., a été observée avec la garniture n° 1 et la plus basse, 100°, avec la garniture n° 4. L'adoption de ce dernier modèle doit donc offrir toutes les garanties de sécurité contre l'incendie.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

AZOTE.

Le rôle des basses températures dans l'industrie de la fixation de l'azote.

La plupart des procédés à l'heure actuelle employés pour la fixation de l'azote de l'air intéressent l'électrochimiste, soit qu'ils utilisent directement l'énergie électrique comme ceux qui fixent l'azote sous forme nitrique, soit qu'ils l'utilisent indirectement comme dans la fabrication de la cyanamide, soit enfin qu'ils se rattachent à la fabrication de l'aluminium comme le procédé Serpeck pour la production de l'ammoniaque par le nitrure d'aluminium, ou à la fabrication électrolytique de la soude et de l'hydrogène comme le procédé de Haber réalisant la synthèse de l'ammoniaque sous l'action d'un catalyseur.

Dans une communication faite le 18 avril dernier à la Société des Ingénieurs civils de France, M. Georges CLAUDE, après avoir rappelé ces procédés, ainsi que celui de Hauser (production d'acide azotique par explosion d'un mélange d'air et d'un combustible gazeux), montrait le rôle important que l'industrie des basses températures joue déjà dans l'application de ces procédés et le rôle plus important encore qu'elle ne peut manquer d'y prendre lorsque, certaines difficultés pratiques étant surmontées, on cherchera résolument à augmenter le rendement des procédés de fixation sous forme nitrique. En raison de l'intérêt de la question, tant au point de vue général du problème de l'alimentation qu'au point de vue plus particulier du développement des applications de l'électricité, nous reproduisons ci-dessous la partie de la communication où M. Claude expose les ressources que l'on tire ou l'on peut tirer de l'emploi des basses températures dans ces procédés.

Dans les procédés d'électrisation de l'air, la théorie et l'expérience s'accordent à démontrer qu'au lieu d'air il y aurait tout intérêt à électriser un mélange gazeux correspondant pondéralement au composé Az O qu'il s'agit d'obtenir, c'est-à-dire, en somme, à électriser de l'air suroxygéné à 50 pour 100. La théorie chiffre à 25 pour 100 l'amélioration correspondant à cette substitution, mais l'expérience directe indique un résultat encore meilleur, le taux de l'amélioration variant suivant les expérimentations entre 25 et 80 pour 100. Or, en tablant seulement sur 25 pour 100, voici quelles seraient les prévisions : au lieu de 500 kg d'AzO^3H, chiffre actuel, on arriverait à 625 kg, mais il faudrait fabriquer pour cela 200 m^3 d'oxygène. Dans les conditions locales du coût de force motrice, ces 200 m^3 coûteraient, tout compris, au plus 4 fr. Triplons ce chiffre, nous arrivons à une dépense de fabrication d'oxygène de 12 fr pour un gain supplémentaire bien plus considérable, car les 125 kg d'acide nitrique de surplus contiennent 30 kg d'azote qui, à 1,50 fr le kilogramme, correspondent à un supplément de gain de 45 fr. Et il faut répéter que la réalité serait sans doute plus satisfaisante encore.

Comment se fait-il donc que, malgré des prévisions si encourageantes, cette belle application de l'oxygène ne soit pas encore chose faite ?

Ce n'est certainement plus la puissance de production des appareils de liquéfaction d'air qui peut être mise en doute aujourd'hui, cette puissance de production qui est telle, tout au contraire, qu'une modeste salle d'usine de 20 m × 30 m abriterait des appareils capables de liquéfier par an 300 *millions de mètres cubes d'air* en produisant 50 millions de mètres cubes d'oxygène.

C'est donc ailleurs qu'il faut chercher la raison de l'abstention qui nous étonne; cette raison, il semble effectivement qu'il faille la trouver dans le fait que les appareils d'électrisation et d'absorption de Birkeland et Eyde n'ont pu encore être rendus étanches.

Dans ce processus, en effet, c'est tout au plus si 2 à 3 pour 100 des gaz en présence se combinent : si cette matière première est constituée par de l'air, pas d'inconvénient à la restituer à l'atmosphère dès qu'elle a été dépouillée de ses vapeurs nitreuses. Si c'est de l'air suroxygéné relativement coûteux, il faut de toute nécessité arriver à une utilisation plus complète en faisant circuler cet air un grand nombre de fois en circuit fermé, ce qui exige des appareils étanches. Cela ne paraît pas commode; il semble pourtant que le problème soit en bonne voie.

D'ailleurs, les basses températures pourraient encore jouer dans cette industrie un rôle important en permettant de recueillir les vapeurs nitreuses avec plus d'efficacité que par les encombrants et coûteux procédés chimiques actuels. M. Claude a pensé à cet égard qu'une modification appropriée de son procédé de récupération frigorique des vapeurs de liquides volatils pourrait être employée. De son côté, Sir W. Ramsay s'est posé le problème et prétend le résoudre en liquéfiant continuellement la totalité de l'air traité. De cette façon, les oxydes d'azote formés se liquéfient, on les sépare par filtration, et tout est dit. Le procédé est hardi : il aurait l'avantage de permettre la fabrication immédiate de l'oxygène, dont les considérations précédentes montrent tout l'intérêt dans cette industrie.

Dans le procédé Hauser, l'intérêt considérable de l'emploi de l'oxygène est montré par le fait que la simple suroxygénation de l'air de 21 à 25 pour 100 fait passer le rendement en AzO^3H, toutes choses égales d'ailleurs, de 82 g à 130 g par mètre cube de gaz de four à coke. Une si merveilleuse amélioration semble sujette à caution. On se l'explique, cependant, en observant que la suroxygénation de l'air produit ce double résultat d'élever la température d'explosion, dont la teneur en Az O est une fonction rapide, tout en augmentant la proportion de l'oxygène résiduel *après l'explosion*, dont dépend évidemment la teneur en Az O à la température atteinte.

Dans la fabrication de la cyanamide, le rôle des basses températures ne relève pas seulement du domaine des espérances. Elles ont d'ores et déjà pour mission d'assurer pour l'azote nécessaire la production énorme, la parfaite régularité, la parfaite pureté qui sont indispensables. Les appareils à azote basés sur l'absorption du cuivre, qui avaient été employés tout d'abord, ne fonctionnent plus aujourd'hui qu'à l'usine allemande de Knapsack et à l'usine de l'American Cyanamide, à Niagara Falls.

La fabrication du nitrure d'aluminium, qui n'est d'ailleurs que sur le point d'entrer dans la pratique courante, n'est pas aussi avancée non plus au point de vue qui nous occupe. Étant donné que cette fabrication repose sur la réaction.

$$Al^2O^3 + 3C + 2Az = Al^2Az^2 + 3CO$$

et que, par suite, le courant d'azote se charge d'oxyde de carbone par la réaction même, on peut penser qu'il est très inutile d'employer de l'azote pur, et fort suffisant de se contenter du mélange d'Az + CO, obtenu très économiquement en faisant circuler de l'air sur du charbon incandescent, et c'est effectivement ainsi qu'on a procédé jusqu'ici.

Or, ceci est une erreur, car la réaction de l'azote sur le mélange bauxite + charbon est une réaction d'équilibre, et la teneur en azote fixé pour une température donnée dépend du rapport de l'azote à celui de l'oxyde de carbone dans le mélange gazeux. Il y a donc tout intérêt à partir d'azote pur, et c'est pourquoi une installation d'azote pur de 300 m³ à l'heure et du système de M. G. Claude est actuellement en voie de montage à l'usine de la Société des Nitrures, à Saint-Jean-de-Maurienne.

Enfin, en ce qui concerne les procédés de fixation par union directe de l'azote et de l'hydrogène, les basses températures y auront certainement à jouer un rôle de tout premier ordre. La production de l'azote, tout d'abord, leur reviendra de droit d'après ce qui précède. Quant à l'hydrogène, bien que diverses solutions très élégantes qui le produisent à un assez grand état de pureté et très économiquement aient été mises au point récemment, les procédés basés sur la liquéfaction partielle du gaz à l'eau ont un énorme avantage. Ils sont les seuls à pouvoir débarrasser rigoureusement l'hydrogène fourni par le gaz à l'eau de ces véritables *poisons* que constituent pour les agents catalyseurs les moindres traces de certaines impuretés, gaz sulfurés, arséniés, etc., tous gaz très condensables, parfaitement incapables de franchir le cycle terrible de températures infligé à l'hydrogène dans un appareil de liquéfaction. Et telle est sans doute la raison pour laquelle la Badische Anilin a commandé à Linde un formidable appareil à 2000 m³ d'hydrogène pur à l'heure, destiné à développer à Oppau, près de Ludwigshafen, la fabrication de l'ammoniaque par le procédé Haber, pour laquelle ne suffit déjà plus l'hydrogène sous-produit de la fabrication de la soude électrolytique. Il est vrai que cet appareil de Linde sera très ingénieusement combiné pour fournir, en même temps que les 2000 m³ d'hydrogène, les 700 m³ d'azote pur qui seront nécessaires.

Après avoir décrit les appareils qui lui permettent d'obtenir ces quantités énormes d'azote et d'oxygène, M. Claude signale en passant une application indirecte des basses températures à la fabrication de la cyanamide. Des études récentes, entreprises avec M. d'Arsonval et avec M. Violet, lui ont en effet montré qu'un mélange de noir de fumée et d'oxygène liquide constitue un explosif formidable de prix de revient extrêmement bas, que les usines de cyanamide pourraient utiliser pour l'extraction du calcaire destiné à la fabrication du carbure, utilisation d'autant plus économique pour ces usines que l'oxygène n'est pour elles qu'un sous-produit de la fabrication de l'azote.

En terminant, M. Claude revient sur la séparation de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone du gaz à l'eau. Il fait remarquer que le procédé employé par Linde exige la fabrication préalable d'air liquide, qui sert à liquéfier l'oxyde de carbone. M. Claude espère pouvoir obtenir cette séparation plus simplement, sans passer par l'intermédiaire de l'air liquide, en refroidissant suffisamment le gaz à l'eau par son procédé de détente avec travail extérieur.

Fours électriques de grande capacité, système Helfenstein (*Génie civil*, 26 avril 1913, p. 517). — Il y a un intérêt évident à accroître, autant que possible, la capacité des fours électriques pour le traitement de la fonte et des minerais de fer; mais jusqu'à présent on avait toujours été arrêté, dans la voie des agrandissements, par les dégagements de chaleur et les fumées qui se répandent dans leur voisinage.

Ces deux inconvénients sont évités, dans les fours électriques, système Helfenstein, décrit par M. Oesterreich dans le *Stahl und Eisen*, du 20 février, par la fermeture complète du four, et cette disposition est rendue possible, avec ces grandes capacités en disposant le laboratoire de telle sorte que chaque électrode est logée dans une chambre séparée. Les cloisons, perforées à leur base seulement, qui forment ces chambres, servent à soutenir le ciel du four. Ce mode de construction a permis de porter la puissance consommée dans un de ces fours jusqu'à 24 000 chevaux. L'auteur décrit sommairement différents modèles de ces fours Helfenstein à carbure de calcium et pour le traitement de la fonte ou des minerais de fer. Il insiste plus spécialement sur le four de 10 000 chevaux actuellement en fonction en France et qui sert au traitement direct du minerai de fer, et sur le four du même système, de 12 000 chevaux triphasés, qui a été installé à Domnarfvet, en Suède. Chacune des électrodes de ce dernier four, qui a l'aspect d'un four Martin, porte un courant de 40 000 ampères à pleine charge, pour une tension entre électrodes de 80 à 100 volts.

LÉGISLATION, JURISPRUDENCE, ETC.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Arrêté fixant, pour l'année 1913, les frais de contrôle dus à l'État par les entrepreneurs de distributions d'énergie électrique établies en vertu de permissions ou de concessions.

Le Ministre des Travaux publics,

Vu la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie électrique, notamment l'article 13 (3°) portant qu'un règlement d'administration publique déterminera l'organisation du contrôle de la construction et de l'exploitation des distributions d'énergie électrique dont les frais sont à la charge du concessionnaire ou du permissionnaire;

Vu l'article 9 du décret du 17 octobre 1907, organisant ledit contrôle;

Sur la proposition du directeur du personnel et de la comptabilité,

Arrête :

Les frais de contrôle dus à l'État par les entrepreneurs de distribution d'énergie électrique établies en vertu de permissions ou de concessions sont fixés pour l'année 1913 à 10 fr par kilomètre de lignes pour les distributions soumises au contrôle exclusif de l'État et à 5 fr par kilomètre de lignes pour les distributions soumises au contrôle des municipalités sous l'autorisation du Ministre des Travaux publics.

Paris, le 13 mai 1913.

J. Thierry.

(*Journal officiel* du 14 mai 1913.)

Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes.

Décret modifiant les taxes à percevoir pour l'affranchissement des colis postaux à destination : 1° des bureaux argentins de la côte Sud, Terre de Feu et îles adjacentes acheminés par la voie de Marseille ou de Bordeaux et des paquebots français ou par la voie d'Italie; 2° du Bechouanaland (protectorat) acheminés par la voie de Marseille.

(*Journol officiel* du 20 mai 1913.)

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité consultatif du Syndicat professionnel des Usines d'électricité du 7 avril 1913.

Présents : MM. Frénoy, président; Cochegrus, de Clarens, Doucerain, Hussenot; Fontaine, secrétaire général.

Absents excusés : MM. Sirey et Phillipart.

Les espèces suivantes sont communiquées au Comité :

Conseil d'État. — 13 décembre 1912, Ministre des Finances contre Bouvier et Menneton. Patente, établissement industriel, moyens de production, évaluation, force motrice, fourniture par un tiers, fixation de la valeur. (*La Loi* du 9-10 mars 1913.)

Cour de cassation. — 25 novembre 1912, Contrat de travail à durée indéterminée : rupture légitime pour cause de maladie de l'employée. (*Bulletin de l'Office du Travail*, janvier 1913.)

Interprétation de traité d'électricité. — Un concessionnaire indique que, d'après son traité avec la Ville, celle-ci a le droit de réclamer x pour 100 sur les recettes brutes de la force motrice faites sur le réseau urbain. La Société n'a jamais payé les X pour 100 sur la force motrice vendue sans faire de distinction entre le réseau urbain et le réseau extérieur. La Municipalité réclame aujourd'hui les x pour 100 en y comprenant la force motrice utilisée par une usine que le consultant prétend ne pas faire partie du réseau urbain, parce qu'elle est desservie par une ligne primaire distincte.

Le Comité consultatif donne l'avis suivant :

Le traité stipule la perception par la Ville de x pour 100 sur les recettes brutes encaissées par le concessionnaire dans les limites du réseau urbain pour lumière, chauffage et force motrice, et il définit le réseau urbain en ces termes : *limites de la voirie urbaine* à propos de la reprise des canalisations en fin de concession.

La Ville réclame les x pour 100 de la recette de la fourniture faite à une usine qu'elle dit être *dans le périmètre de l'octroi*. Ce périmètre semble bien correspondre avec celui de la voirie urbaine et, par suite, avec celui du réseau urbain.

Le consultant prétend, au contraire, que l'usine est en dehors du réseau urbain. Mais il semble entendre par là le réseau desservi par le transformateur installé dans la Ville, et qu'il opposerait au réseau qu'il aurait la faculté de desservir directement en dehors du transformateur, en branchant certains clients sur le câble primaire.

Cette prétention ne paraît pas conforme au traité qui ne vise nulle part la faculté d'établir une canalisation, qui ne soit pas desservie par le transformateur central prévu au contrat, de sorte que toute la distribution semble devoir être faite par ce poste; c'est ce que le traité appelle *le réseau urbain*.

Il importe que le consultant précise la situation exacte de l'usine.

Si, en fait, l'usine en question se trouve dans les limites de la voirie urbaine, elle doit être desservie comme le concessionnaire l'entendra soit par le transformateur, soit autrement, mais la fourniture à cette usine rentre dans celle qui est passible de la retenue au profit de la Ville.

Si l'usine est en dehors de la voirie urbaine proprement dite, tout en étant sur le territoire de la commune, elle ne serait plus dans les limites du réseau urbain; la fourniture qui serait faite à cette usine ne devrait pas entrer en compte pour la perception du prélèvement.

Interprétation de traité de gaz. — Un secteur électrique demande si la Ville, qui a affermé son usine à gaz à un concessionnaire, peut faire établir ou laisser établir des canalisations électriques d'éclairage et de force, en raison des termes du traité par lequel la Ville s'est interdit pendant la durée du bail de favoriser toute concurrence à son fermier, se réservant toutefois la faculté de faire par ses propres moyens l'électricité pour tout ou partie de son éclairage public, à la condition de produire cette électricité au moyen d'un moteur à gaz d'éclairage fourni par le concessionnaire. Le concessionnaire est tenu, si la Ville le désire, d'installer la lumière électrique pour les particuliers.

Le Comité consultatif répond que le traité soumis contient plusieurs clauses où le Conseil d'État voit la concession d'un monopole. La Ville s'est interdit de favoriser une concurrence à son fermier; elle ne peut donc s'adresser à un tiers pour installer des canalisations d'éclairage électrique; elle peut seulement profiter de la faculté qu'elle s'est réservée de produire elle-même l'électricité destinée à l'éclairage public en employant le gaz comme force motrice et pour les particuliers si elle désire faire installer l'éclairage électrique, elle doit s'adresser au fermier qui, d'après le contrat, est tenu de faire cette installation.

Interprétation de police d'abonnement. — Une Société d'électricité soumet la police d'abonnement qui prévoit un dépôt de garantie pour la consommation des abonnés; elle demande si elle peut couper le courant à un abonné qui est en retard dans le paie-



ment d'une ou plusieurs quittances mensuelles, sans se préoccuper si la somme due est couverte ou n'est pas couverte par le dépôt de garantie.

Le Comité consultatif donne l'avis ci-après :

L'article de la police permet de couper le courant après avertissement, en cas de non-paiement d'une facture, sans se préoccuper de la corrélation entre le montant de cette facture et celui du dépôt de garantie, et, aux termes de l'article 14, ce n'est qu'en fin d'abonnement que le dépôt de garantie devra compenser la dette de fourniture. Par conséquent le dépôt de garantie n'est pas en corrélation avec la mensualité même de la dette de l'abonné. Il y a donc lieu, quel que soit le montant de la facture en retard, d'appliquer l'article de la police, c'est-à-dire, après avertissement normal, de couper le courant si l'abonné ne solde pas sa facture, sans se préoccuper de l'état du dépôt de garantie.

Pendant l'intervalle des séances, les avis suivants ont été donnés :

Redevance d'occupation. — Une usine électrique demande si les canalisations installées en vertu de permissions de voirie antérieurement au décret du 17 octobre 1907, et qui ne comportent pas de conditions fiscales, sont susceptibles d'être taxées par la redevance d'occupation, contrairement aux dispositions de l'article VI du décret précité.

L'avis suivant a été donné :

En ce qui concerne les distributions établies en vertu de permissions de voirie antérieures à la loi du 15 juin 1906, l'article VI du décret du 17 octobre 1907 dispose que « les redevances fixées par le décret seront applicables dès l'époque où les conditions fiscales de ces permissions seront susceptibles d'être révisées ».

Cette disposition n'a pas été modifiée par le décret du 7 septembre 1912 relatif aux redevances (voir *Revue électrique* du 27 septembre 1912).

Lorsque la permission de voirie ne contient aucune condition fiscale et ne soumet pas l'acte d'autorisation à une révision, il semblerait qu'en vertu du principe de non-rétroactivité posé par l'article 26 de la loi du 15 juin 1906, les redevances instituées par le décret du 17 octobre 1907, modifié par le décret du 7 septembre 1912, ne sauraient être applicables, en aucun cas, au permissionnaire.

L'Administration supérieure l'admet bien pour les permissions antérieures à la loi de 1906 relatives à l'occupation du domaine public communal. Donc pour les voies de petite voirie, pas de redevance à payer en pareil cas.

Mais pour la grande voirie nationale ou départementale, l'Administration prétend que la permission de voirie est toujours susceptible d'être révisée tous les cinq ans par application de l'article IV de l'arrêté interministériel du 15 septembre 1893 (Instruction ministérielle du 16 mars 1909).

Nous estimons, au contraire, que le permissionnaire, à raison du caractère contractuel des conditions étrangères à l'intérêt de la voirie insérées dans un acte d'autorisation est en droit de résister au paiement de la redevance, lorsque cet acte n'en prévoit pas, alors surtout que les arrêtés du 3 août 1878 et du 15 septembre 1893 ne sont pas expressément visés (voir *Guide des Entrepreneurs de distribution d'énergie électrique* de M. Ch. Sirey, n° 240).

En cas de contrainte décernée par l'Administration le permissionnaire, s'il veut résister, devra y faire opposition avec assignation dans la huitaine, devant le Tribunal civil, l'affaire devant être jugée sur mémoires et sans appel, comme en matière d'enregistrement (*Ibid.*, n° 186).

Déplacement d'une ligne de transport d'énergie. — Un adhérent est concessionnaire d'une distribution d'énergie électrique sur le territoire d'une commune avec un Cahier des charges conforme à celui édicté par le Décret du 17 mai 1908. La concession est alimentée par une ligne de transport d'énergie à 5000 volts autorisée par l'arrêté préfectoral du 16 mars 1911. Or, la commune a loué à un industriel, une carrière située à proximité de cette ligne; celui-ci a demandé au Maire le déplacement de la ligne électrique et le Maire, de son côté, a décliné toute responsabilité pour le cas où le concessionnaire ne donnerait pas suite à cette demande. Depuis, la carrière est mise en exploitation et il y a tous les jours, par suite des coups de mine, des ruptures d'isolateurs et de fils, occasionnant chaque fois un arrêt du courant et une grande perturbation dans les services, sans parler du danger pour la sécurité publique.

Le consultant demande s'il doit attaquer la commune ou le locataire, la juridiction compétente et la marche à suivre pour faire cesser, avant le prononcé du jugement définitif, une telle situation.

L'avis suivant a été donné :

1° S'il est vrai qu'aucune disposition des permissions de voirie ne prévoit le déplacement des ouvrages du concessionnaire, on doit constater, d'autre part, que le paragraphe II de l'article 2 du Cahier des charges de la concession stipule que « le concessionnaire ne pourra réclamer aucune indemnité pour le déplacement ou la modification des ouvrages établis par lui sur les voies publiques, lorsque ces changements seront requis par l'autorité compétente pour un motif de sécurité publique ou dans l'intérêt de la voirie ».

Observons que cette clause ne devrait pas être applicable à la ligne de transport alimentant cette concession, si la ligne n'est pas comprise dans les ouvrages concédés. Au surplus la Ville ne pourrait demander le déplacement gratuit, si ce n'est par son fait que se produit le trouble pouvant porter atteinte à la sécurité publique. Or, c'est bien le cas, puisque deux ans après la mise en service, elle a loué la carrière où se produisent les coups de mines qui provoquent les accidents actuels. Le concessionnaire est donc dans le droit de refuser le déplacement gratuit et de réclamer à la commune des dommages-intérêts, car il paraît toujours possible pour le concessionnaire d'attaquer la commune qui doit garantir son concessionnaire contre tout trouble apporté par elle à la jouissance des droits concédés.

2° La question de compétence est certainement délicate. S'il s'agissait d'une ligne comprise dans la concession, la compétence du Conseil de Préfecture semblerait certaine, puisqu'il s'agirait de savoir si le déplacement d'un ouvrage de la concession doit être fait gratuitement ou non à la requête de la commune en vertu du paragraphe II de l'article 2 du Cahier des charges.

Mais il s'agit d'une ligne de transport, apparemment non comprise dans la concession, le Conseil de Préfecture pourrait être considéré comme n'étant pas compétent, à moins de trouver le motif de cette compétence dans le trouble apporté par la commune à l'exploitation de la concession elle-même. Comme dans tous les cas, le Conseil de Préfecture ne serait pas compétent vis-à-vis du locataire de la carrière, et qu'il faudrait l'assigner séparément devant le Tribunal civil, nous pensons, *s'il s'agit d'une ligne non comprise dans la concession*, que M. X... aurait avantage à actionner conjointement devant ce tribunal, la commune et son locataire.

A raison de l'urgence il pourrait s'adresser au Tribunal des Référés, c'est-à-dire au Président du Tribunal civil, pour lui demander de nommer un expert à l'effet de constater le dommage causé à sa ligne par les coups de mines, rechercher la part de responsabilité des parties et indiquer comment il pourrait être remédié dans l'avenir aux inconvénients signalés.

D'après les résultats de l'expertise, M. X... se pourvoirait au fond devant le Tribunal civil pour obtenir des dommages-intérêts, tant de la Ville que de son locataire.

3° En ce qui concerne la marche à suivre pour faire cesser, avant le prononcé du jugement définitif, une telle situation, nous pensons que M. X... devrait s'adresser à la fois à l'ingénieur du contrôle, chargé de la sécurité de la ligne électrique et à l'ingénieur des mines qui a la surveillance des carrières. D'après les constatations des ingénieurs, il pourrait demander au Préfet d'enjoindre au locataire de la carrière de cesser l'exploitation par coups de mine, tout au moins tant que la question de déplacement de la ligne ne sera pas réglée. En principe s'il s'agit d'une exploitation à ciel ouvert, ce devrait être au Maire à intervenir mais comme, dans l'espèce, c'est la commune qui est propriétaire de la mine et qu'elle a témoigné de son intention d'obliger le concessionnaire de l'élec-

tricité à supporter la responsabilité des dégâts causés à sa ligne, nous estimons que c'est au Préfet qu'il incombe de prescrire les mesures à prendre en vue de la sécurité de la distribution, sur l'avis de l'ingénieur du contrôle et de l'ingénieur des mines.

En attendant M. X... ferait prudemment de faire signifier par huissier à la Ville et au locataire de la carrière qu'il proteste contre leurs agissements et décline toute responsabilité à l'égard de leurs conséquences.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité consultatif du Syndicat professionnel des usines d'électricité du 5 mai 1913.

Présents : MM. Frénoy, président; Chaussenot, Cochegrus, de Clarens, Duvaux, Sirey.

Absents excusés : MM. Fontaine, Doucerain, Hussenot.

Conseil d'État. — 21 février 1913, Compagnie générale parisienne de Tramways. Octroi, Compagnie de Tramways, combustibles, demande d'abonnement, rejet par le préfet, annulation, faute de la Ville, droit à indemnité, pouvoirs du Conseil d'État. (*La Loi* du 1er-2 mai 1913.)

17 mars 1913, Ville d'Alger contre Roussier et Gayte. Commune, égout, construction, défaut, rupture, dommages à une usine, responsabilité, évaluation de l'indemnité. (*La Loi* du 16 avril 1913.)

Tribunal civil. — Marmande, 6 mars 1913, Lavigne contre Énergie électrique du Sud-Ouest, propriété, canalisation électrique aérienne, passage, autorisation, caractère du contrat, droit d'usage, durée indéterminée, action en rescision, irrecevabilité. (*La Loi* du 10 avril 1913.)

Modification d'un traité antérieur a la loi de 1906. — Une Société électrique, qui a obtenu, avant 1906, une concession pour la distribution de l'éclairage électrique avec privilège, demande s'il lui serait possible d'obtenir une prolongation de concession sans avoir à faire un Cahier des charges nouveau; son intention est d'abaisser les prix.

Le Comité consultatif répond que le traité existant en 1906 reste en vigueur, mais toute modification de sa durée place les parties sous l'empire de la nouvelle loi. La loi de 1906 a maintenu dans leur forme et teneur les concessions antérieures, à la condition qu'elles ne subissent aucune modification. On peut au besoin admettre certaines modifications pour les parties facultatives de la concession, telles que les prix pendant la durée de la concession, et peut-être même une prolongation qui serait prévue dans le contrat; mais, si le contrat ne prévoit rien, le fait de demander une prolongation oblige à se placer sous l'empire de la loi du 15 juin 1906.

Interprétation de traité électrique. — Un adhérent revient sur une question précédemment posée et demande si le fait que le contrat conclu avec une ville et par lequel le concessionnaire s'engageait à verser x pour 100 des recettes brutes, visait une usine hydraulique, n'a pas pour effet d'exonérer le concessionnaire de l'obligation de payer ces x pour 100 sur les recettes qui correspondent à la production du courant par la vapeur, non prévue par le contrat, mais pratiquée avec l'assentiment verbal du maire.

Le Comité consultatif répond que la production du courant par machine à vapeur n'étant pas prévue au contrat n'existe pas, juridiquement parlant, pour la Ville. Il ne peut donc en être fait état pour introduire une distinction dans l'application de l'article du traité, qui vise les « recettes encaissées », sans spécifier le mode de production.

Interprétation de traité électrique. — Le consultant demande si un particulier qui a loué un moulin a le droit d'éclairer son habitation et son magasin qui se trouvent dans le village, étant donné qu'il est obligé de traverser les voies publiques.

Le Comité répond que ce particulier a le droit d'éclairer sa demeure et son magasin, même au moyen d'une permission de voirie pour la traversée des voies publiques (*voir* Conseil d'État, 25 mai 1900, 6 juillet 1900; Nérac, 20 novembre 1903; Bagnères-de-Bigorre).

Le même adhérent expose que ce particulier veut vendre du courant pour la force motrice; il demande quel éclairage pourra faire le client qui achètera cette force.

Le Comité répond que le contrat communiqué ne vise que l'éclairage et ne donne pas le monopole de la force. Par conséquent, le consultant est obligé de supporter la concurrence faite par le propriétaire du moulin pour la force motrice; mais il peut exiger que la commune impose à ce meunier vendant de la force l'obligation d'interdire à ses clients d'employer cette force à l'éclairage afin d'éviter qu'il ne crée indirectement une concurrence au monopole d'éclairage. Le meunier peut vendre de la force, mais il ne peut vendre de l'éclairage. La commune devra donc, lorsqu'elle aura donné la permission de distribution de la force à ces conditions, exiger du meunier qu'il mette dans ses polices que les abonnés de la force ne pourront se servir du courant pour l'éclairage de leurs locaux, ni même des *locaux industriels*, car, le contrat étant antérieur à la loi de 1906, ne se trouve pas sous l'empire de l'exception édictée par cette loi, et qu'il veille à l'exécution de cette clause par les abonnés, sous la sanction du retrait de la permission de voirie.

Éclairage des ilots. — Un membre du Syndicat demande si les clients d'un secteur d'îlot ont le droit d'éclairer extérieurement leurs magasins par des lampes faisant saillie sur la voie publique, et si le concessionnaire qui a le privilège de l'éclairage et de la force motrice a le droit de mettre la Ville en demeure de faire supprimer ces lampes.

Le Comité consultatif répond que le monopole n'est qu'un monopole d'éclairage de la voie publique; par conséquent tous les éclairages qui peuvent être faits par l'intérieur sans emprunter la voie publique sont absolument libres. Les lampes faisant saillie sur la voie publique ne sont pas destinées à l'éclairage de cette voie, mais des magasins riverains; donc il s'agit de simples saillies au point de vue de la voirie et non de moyens indirects de l'éclairage privé, puisque les lampes sont alimentées par l'intérieur de l'îlot et que la voie publique n'est pas empruntée pour la distribution de l'éclairage. Il n'y a pas atteinte au privilège.

Il n'y a pas de jurisprudence relative aux secteurs d'îlots.

Le même consultant demande si un traité antérieur à 1906 donnant au concessionnaire le privilège de poser des canalisations sous la voie publique pour la distribution du gaz s'oppose à ce qu'un réseau d'électricité distribue de l'énergie électrique pour la force motrice.

Le Comité consultatif, n'examinant pas la question de l'influence de la loi de 1906 sur la validité du monopole de force concédé, répond que la concession par une commune d'un monopole de distribution de *force* (dont la validité était d'ailleurs contestée avant 1906) ne saurait, en tous cas, résulter que d'un contrat exprimant nettement soit directement, soit d'une manière implicite, que le privilège s'étend à l'usage du gaz pour la force motrice. En matière de gaz, surtout, c'est uniquement l'éclairage que les parties sont présumées, dans le silence du contrat, avoir eu en vue. Donc la seule mention de distribution du gaz n'implique que la concession du service d'éclairage et ne comporte pas celle de la fourniture de la force.

Droit d'enregistrement. — Une Société d'électricité expose que le receveur de l'Enregistrement réclame les renseignements suivants pour servir de base à l'application de la taxe d'enregistrement d'un traité de concession : 1° évaluation des travaux à exécuter; 2° les bénéfices que la Société peut retirer de l'exploitation pendant la durée de la concession.

Le Comité répond qu'il n'y a pas de règle absolue en ce qui concerne la perception du droit d'enregistrement; mais dans les arrêts de la Cour de Cassation, lorsqu'il s'agit bien nettement d'une concession, on trouve les deux éléments suivants : les bénéfices à retirer de la concession sont représentés d'une part par le prix des fournitures que l'on connaît d'après le contrat et d'autre part par le



montant des travaux à exécuter par la Société. Le receveur d'enregistrement ne peut donc pas établir la perception du droit de marché de 1,25 pour 100 sur une évaluation par déclaration des bénéfices à retirer de la concession. C'est pour représenter ces bénéfices que le droit est perçu : 1° sur le montant des fournitures faites à la commune et évaluées d'après le prix payé par celle-ci; 2° sur le montant des travaux à exécuter pour la mise en œuvre de la concession évalué par le concessionnaire.

Éclairage d'un ilot. — Un membre du Syndicat demande si un particulier a le droit de s'éclairer à l'électricité et de fournir la lumière à ses voisins, sans traverser les rues, dans une commune où il existe une concession avec monopole.

Le Comité consultatif répond que le monopole n'est donné que pour l'utilisation des voies publiques et que, par suite, tous les éclairages qui peuvent être faits sans emprunter les voies publiques sont absolument libres.

Le même consultant demande si un concessionnaire, ayant un traité antérieur à la loi de 1906, peut, à raison du principe de non monopole de la force posé par cette loi, augmenter le prix du courant pour la force motrice, ou supprimer la fourniture de ce courant, ou si l'on peut l'obliger à fournir au même tarif par application du monopole.

Le Comité consultatif répond que la loi de 1906 n'a pas modifié les concessions antérieures. Si le consultant a eu, par son traité, le monopole de la force motrice, ce monopole existe toujours. Le consultant ne peut donc pas supprimer la fourniture de la force motrice et il ne peut pas augmenter les tarifs, si ceux-ci sont prévus au contrat. Il reste, d'autre part, tenu de fournir la force motrice en tant que concessionnaire, car cette obligation lui est imposée indépendamment de l'existence d'un monopole; c'est la condition de tout concessionnaire d'un service public.

Dans l'intervalle des séances, les avis suivants ont été donnés :

Interprétation de traités de gaz. — Une Compagnie électrique demande si une ville peut l'autoriser à distribuer l'énergie électrique, étant donné que le contrat de la Compagnie du Gaz vise uniquement les nouveaux modes de production du gaz et non d'autres modes d'éclairage.

Le traité du gaz ne prévoit en effet que l'éclairage, le chauffage et la distribution de la force motrice par le gaz. L'article relatif aux procédés et systèmes nouveaux ne prévoit que les nouveaux procédés pour la fabrication du gaz et est muet sur l'application éventuelle d'un nouveau système d'éclairage, bien que l'électricité fût connue et appliquée couramment à l'époque à laquelle a été passé le traité du gaz.

D'après la jurisprudence du Conseil d'État dans les affaires de Déville et de Pamiers, les parties auraient dû prévoir les conditions dans lesquelles pourrait être exploité l'éclairage électrique, et la Ville, à raison du silence du traité, a le droit d'accorder une concession à tout entrepreneur pour l'éclairage électrique et la force motrice évidemment à la condition de mettre la Compagnie du Gaz en demeure d'en faire l'application elle-même à conditions égales à celles offertes par l'entrepreneur du nouvel éclairage.

Mais, d'autre part, il ne faut pas perdre de vue que le Conseil d'État, dans l'affaire d'Hyères, a décidé que l'exercice du droit de préférence supposait que le traité fut fait sur des bases pratiquement réalisables et normalement rémunératrices pour la Compagnie du Gaz.

La liberté de traité avec une Société électrique n'est donc pas complète pour la Ville, et il devra être tenu compte des deux jurisprudences que nous venons d'indiquer.

Une Société électrique demande si elle peut distribuer le courant pour l'éclairage électrique, étant donné que le traité du gaz prévoit pour la commune, en cas de découverte d'un mode d'éclairage plus économique que le gaz, le droit de se faire admettre à jouir de la modération des prix et des améliorations introduites, tant pour l'éclairage public que pour l'éclairage particulier.

Le traité de gaz considéré en lui-même assure certainement à la Compagnie du Gaz un droit exclusif pour l'éclairage public et privé, sans distinction de procédé, puisque la Compagnie s'engage à faire profiter l'éclairage public et particulier de l'application d'un mode d'éclairage nouveau aussi bon et plus économique de x pour 100, moyennant certaines conditions d'expériences et une expertise pour constater l'économie. La Ville ne peut donc pas accorder une concession à une entreprise concurrente pour le distribution de l'éclairage électrique (jurisprudence du Conseil d'État absolument constante).

Une concession d'électricité ne pourrait être accordée à la Société consultante, qu'au cas où la Ville aurait obtenu la résiliation par la juridiction administrative du traité du gaz, ou tout au moins la déchéance du monopole en ce qui concerne l'électricité dans le cas où, après une expertise démontrant la réalisation pour l'éclairage électrique, tel qu'il pourrait être appliqué dans la commune, des conditions prévues par l'article 21, la Compagnie du Gaz, bien qu'ayant été mise en demeure, persisterait à refuser d'en faire profiter l'éclairage public et privé conformément à cet article.

D'après a jurisprudence du Conseil d'État, la Ville serait responsable de la concurrence d'éclairage électrique que l'Administration supérieure autoriserait sur la grande voirie, si elle n'a pas fait des démarches pour s'y opposer. Dans les conditions de la loi du 15 juin 1906, l'Administration supérieure n'autoriserait pas vraisemblablement une telle concurrence sur la grande voirie.

La même Compagnie demande si le traité du gaz par lequel la Ville s'est interdit d'autoriser aucun établissement pouvant faire concurrence au concessionnaire empêche la Société consultante de distribuer l'électricité pour l'éclairage.

L'avis suivant a été donné :

Un tel traité empêche certainement la Ville concédante d'accorder des autorisations à une entreprise d'électricité. La Ville doit également s'opposer à ce qu'une telle entreprise en obtienne de l'Administration supérieure sur le domaine de la grande voirie.

L'interdiction de concurrence est en effet absolue (arrêt du Conseil d'État du 2 février 1894; jurisprudence constante en ce qui concerne la responsabilité de la ville sur la grande voirie).

Cependant, comme le traité ne prévoit pas l'établissement éventuel de l'éclairage électrique, bien qu'à cette époque ce nouvel éclairage fût déjà connu (arrêt du Conseil d'État dans les affaires de Déville et de Pamiers), la question se pose de savoir si la Ville et la Compagnie du Gaz ne se trouvent pas soumises à la jurisprudence du Conseil d'État relative aux affaires de Déville et de Pamiers, jurisprudence qui reconnaît un simple droit de préférence à conditions égales, à la Compagnie du Gaz, sur les propositions faites pour l'éclairage électrique par un autre entrepreneur.

Mais les traités du gaz de Déville et de Pamiers ne contenaient pas l'interdiction absolue stipulée par l'article du traité qui nous est soumis; cette interdiction pourrait être considérée comme une renonciation absolue à l'éclairage électrique. Dans tous les cas, ce point n'a pas été jugé.

Résiliation de police. — Un adhérent expose qu'un de ses abonnés qui a eu son moteur brûlé a informé la concessionnaire qu'il cessait son commerce et résiliait la police. Le consultant demande ce qu'il doit répondre à l'abonné.

L'avis suivant a été donné :

L'article de la police prévoit que l'abonnement *pourra être résilié par la cessation de l'industrie de l'abonné* si celui-ci le désire, en prévenant par lettre recommandée deux mois à l'avance ».

C'est évidemment sur cette clause que compte se baser l'abonné en signifiant son intention de résilier la police, parce qu'il cesse son commerce.

Mais, en vertu du principe que les conventions doivent être exécutées de bonne foi, la cessation de commerce doit être faite d'une façon effective et sans arrière-pensée de reprise dans un temps plus ou moins prochain. Le consultant peut donc écrire à son abonné qu'il n'accepte la résiliation pour cessation de commerce qu'à la condition expresse que cette cessation soit réelle et définitive, et qu'il se réserve expressément de poursuivre la reprise de la fourniture ou de demander des dommages-intérêts, pour le cas où dans la suite l'abonné reprendrait son industrie.

Accident causé par un fil électrique. — La Société indique qu'à la suite d'un accident d'électrocution survenu à un animal par la chute d'un fil faisant partie de l'installation privée d'un abonné, elle a été condamnée comme responsable de l'accident vis-à-vis du propriétaire de l'animal. Elle demande si elle peut se retourner contre l'abonné et devant quelle juridiction elle peut l'assigner.

La Société peut exercer son recours en se basant sur l'article de la police qui dit que dans aucun cas le concessionnaire ne pourra être rendu responsable des installations intérieures dont la conservation et l'entretien sont à la charge de l'abonné.

Le recours contre l'abonné pourra être fait devant le Tribunal civil qui a déjà jugé le procès.

La Société pourrait, d'ailleurs, sans attendre ce recours en garantie, se pourvoir en cassation contre le jugement qui l'a condamnée. Le délai du recours en cassation est de deux mois à compter du jour de la signification du jugement rendu en dernier ressort.

Cahier des charges type. — Le directeur d'une usine électrique demande si l'article 5 du Cahier des charges type ne s'oppose pas à ce qu'il traite avec une municipalité pour devenir concessionnaire du service de l'énergie électrique, la commune faisant les frais d'installation autant pour la ligne primaire d'alimentation que pour le réseau secondaire de distribution.

En principe c'est au concessionnaire à faire les frais d'établissement du réseau de distribution, d'après l'article 5, § I. Ce serait donc une dérogation au Cahier des charges type que d'insérer dans le traité de concession une clause mettant les frais d'installation du réseau de distribution à la charge de la commune. Mais cette dérogation n'aurait rien de bien extraordinaire, d'autant plus que la Ville pourrait obtenir par ce moyen des prix plus avantageux pour la fourniture du courant, tant pour l'éclairage public que pour les usages particuliers. Nous ne voyons donc pas d'objection de principe à une approbation éventuelle du Conseil d'État, conformément à l'article 7 de la loi du 15 juin 1906.

INFORMATIONS DIVERSES.

La puissance disponible des chutes d'eau du Canada. — Une Commission, nommée par le gouvernement du Canada, a estimé à 25,7 millions de chevaux la puissance totale des chutes d'eau utilisables par l'industrie, qui sont situées dans le Dominion. Nous extrayons le Tableau ci-après du rapport de cette Commission :

Province.	Puissance minimum utilisable en milliers de chevaux.	Puissance utilisée en milliers de chevaux.
Québec	17076	50
Ontario	3129	331
Colombie	2065	73
Alberta	1444	1
Territoires	600	
Manitoba	505	18
Saskatchewan	500	
Yukon	470	13
Nouveau-Brunswick	150	
Nouvelle-Écosse	54	13
Totaux (environ)	25700	486

Comme le montre ce tableau, c'est dans l'État industriel d'Ontario que la plus grande puissance est utilisée.

Plusieurs des chutes de la province de Québec ne seront aménagées qu'à une époque qu'il est impossible de prévoir; parmi celles-ci sont celles du fleuve Hamilton, qui forme la frontière de l'Ungara et du Labrador, dont la puissance, estimée à 9 millions de chevaux, dépasse d'un tiers celle du Niagara.

Un Chapitre du rapport est consacré aux chutes du Niagara, dont la puissance est estimée à 6 millions de chevaux; suivant entente avec les États-Unis, le Canada peut utiliser 1019 m³ à la seconde, et les États-Unis 556. La Commission fait remarquer que la quantité d'eau que l'on peut détourner des chutes du Niagara, sans faire baisser le niveau des grands lacs, est beaucoup moindre qu'on ne l'avait supposé tout d'abord, et qu'il y a là un véritable danger, d'autant plus que beaucoup de concessions accordées ne sont pas encore réalisées.

L'énergie hydraulique à Madagascar. — En considérant seulement le territoire compris dans une circonférence de 100 km de rayon autour de Tananarive et en négligeant les petites chutes inférieures à 200 chevaux, le décompte de l'énergie hydraulique des grandes chutes restantes peut s'établir comme suit : sur la rivière Ikopa, 7000 chevaux; à Antelomita, 1200 chevaux; à la Mandraka, 1800 chevaux; à Ramainandro, 1500 chevaux; à Andromba, 500 chevaux; sur la Sisaony, 400 chevaux; à Ankazobé, 400 chevaux.

La puissance de ces diverses chutes atteint donc 12 800 chevaux, représentant, en un an, près de 100 millions de chevaux-heure, c'est-à-dire l'équivalent de 100 000 tonnes de charbon amenées à pied d'œuvre dans la région de Tananarive. En admettant que le prix de la tonne transportée ne soit que de 100 fr, on obtient une richesse annuelle de 10 millions de francs. Ces chiffres permettent de se rendre compte de l'essor industriel que prendra le pays le jour où ces chutes d'eau seront utilisées.

Électromètre de très grande sensibilité; C. Milly (*Phys. Zeits.*, 15 mars 1913, p. 237-240). — L'idée fondamentale qui a présidé à l'élaboration de cet instrument est la suivante : Pour pouvoir utiliser le couple de torsion des fils à la Wollaston n'ayant pas plus de 3 μ à 7 μ d'épaisseur à des mesures électrométriques, il faut arriver à construire une aiguille appropriée, c'est-à-dire qui ait une petite durée d'oscillation et un faible amortissement. Or les aiguilles ordinaires des électromètres à quadrants, malgré leur élégissement, ont un moment d'inertie relativement élevé, qui ne permet pas de satisfaire aux conditions énoncées ci-dessus. Dans sa nouvelle forme, elle se présente sous l'aspect d'un cylindre qui oscille entre les deux paires de quadrants disposés verticalement. L'expérience a montré que les dimensions les plus favorables sont les suivantes : hauteur des quadrants, 12 mm; diamètre extérieur des quadrants intérieurs, 8 mm; diamètre intérieur des quadrants extérieurs, 16 mm; diamètre de l'équipage mobile, 12 mm; d'où un entrefer de 4 mm. Il ne faut pas s'en écarter ni en plus, ni en moins, car elles sont imposées par la ténuité même des fils employés et par la grandeur du potentiel auxiliaire. — Avec un fil de suspension de 5 μ, l'aiguille étant chargée à 105 volts, la sensibilité est, pour 1 volt, de 45 000 divisions de l'échelle placée à 3 m. Le zéro reste d'ailleurs fixe pendant plusieurs jours. Avec le même fil, l'aiguille s'arrête au bout de 5 oscillations pour une sensibilité de 20 000 divisions par volt, et au bout de 3 oscillations pour une sensibilisé de 45 000 divisions par volt. — L'auteur a pu déterminer l'inclinaison en reliant les quadrants aux bornes d'un inclinomètre. Il estime dans ces conditions la charge des quadrants à $\frac{2}{1000}$ volt. Il a également démontré l'existence, dans un conducteur non fermé, d'une force électrique excitée par les courants de glissement magnétiques dans un ressort à boudin en fil de fer, inséré entre les pôles d'un électro-aimant. Le ressort est traversé par un fil de cuivre isolé dont une extrémité est à la terre et à une paire de quadrants, l'autre extrémité est reliée à la deuxième paire de quadrants. En établissant et en supprimant le champ, on voit l'aiguille dévier de quantités égales de part et d'autre du zéro. Avec un boudin de 25 cm de longueur et formé de fils de 10 mm² de section, un courant de 10 ampères donne une déviation de 8 divisions.

Tome XIX. **N° 228. — 20 juin 1913.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Une appréciation inexacte de la longueur des matières que nous nous proposions de faire paraître dans notre dernière chronique, non seulement nous a forcé à écourter le compte rendu du Congrès des Ingénieurs électriciens d'Angleterre et de France, mais nous a empêché de signaler en bonne place la récente nomination d'un de nos plus éminents électriciens comme membre de l'Académie des Sciences.

Comme l'indiquait une courte note insérée à la page L du précédent numéro, c'est en effet dans sa séance du 19 mai que l'Académie a élu M. André Blondel dans la Section des Académiciens libres, en remplacement du physicien Cailletet.

Ce n'est pas dans une revue uniquement consacrée à l'électricité et à ses applications qu'il est nécessaire de rappeler les sérieux titres scientifiques de M. Blondel. Tous ceux qui depuis 1890 lisent ou seulement parcourent les journaux électrotechniques ont pu constater combien sont nombreux et importants ses travaux dans les branches les plus diverses de l'Électricité : mesures (oscillographe et hystérésimètre), arc électrique, alternateurs, moteurs synchrones, moteurs à collecteurs, convertisseurs, traction électrique, télégraphie sans fil, transmission de l'énergie, éclairage par arc.

L'optique et surtout la photométrie ont été également étudiées par M. Blondel et, dès 1896, il proposait au Congrès des Électriciens de Genève un système logique de grandeurs et unités photométriques, aujourd'hui universellement adopté.

La plupart de ces travaux, si ce n'est tous, ont leur origine dans la recherche d'applications pratiques de l'électricité. Nous sommes donc certain d'être l'interprète de tous les électriciens, professionnels et savants, en adressant ici nos sincères félicitations à leur auteur.

***

Signalons en terminant une petite innovation apportée dans la composition de ce numéro. Les matières insérées dans les pages d'annonces prenant une importance de plus en plus grande, plusieurs de nos lecteurs nous ont demandé de leur faciliter les moyens de les conserver avec le texte principal. Dans ce but nous avons, depuis janvier, fait numéroter en chiffres arabes les pages d'annonces contenant les matières à conserver et nous avons dressé une courte table de ces matières, table que l'on trouvera à la page 185 des feuilles bleues de ce numéro. Il suffira au relieur de mettre, à la suite des feuilles du texte principal, les pages bleues numérotées.

J. B.



UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : 7, rue de Madrid, Paris (8e). — Téléph. { 549.49. 549.62.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité; Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité; Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Douzième Bulletin bimensuel de 1913.

Compte rendu du banquet de l'Union des syndicats de l'Électricité du 2 juin 1913.

Le 2 juin 1913, les invités de l'Union des Syndicats de l'Électricité se sont trouvés groupés à l'hôtel Continental en un banquet sous la présidence d'honneur de M. Thierry, Ministre des Travaux publics.

M. Guillain, président de l'Union des Syndicats de l'Électricité, faisait les honneurs, assisté de MM. Cordier, Eschwège, Marquisan, M. Meyer, vice-présidents; Fontaine, secrétaire; Beauvois-Devaux, trésorier de l'Union des syndicats de l'Électricité; Brylinski, F. Meyer, anciens présidents du Syndicat professionnel des Usines d'électricité; Harlé, Javaux, Legouez, Sciama, Zetter, anciens présidents du Syndicat professionnel des Industries électriques; Albert Cance, président de la Chambre syndicale des Entrepreneurs et Constructeurs électriciens; Veaudeau, président de la Chambre syndicale d'Éclairage et de Chauffage par le gaz et l'électricité.

Parmi les invités se trouvaient : MM. Boucher, sénateur; de Préaudeau, inspecteur général, vice-président du Conseil général des Ponts et Chaussées, président du Comité permanent d'Électricité; Chargueraud, conseiller d'État, inspecteur général des Ponts et Chaussées, directeur des Routes et de la Navigation au Ministère des Travaux publics; Dabat, conseiller d'État, directeur général des Eaux et Forêts au Ministère de l'Agriculture; Fontaneilles, conseiller d'État, inspecteur général des Ponts et Chaussées, directeur des Chemins de fer au Ministère des Travaux publics; Weiss, ingénieur en chef des Mines, directeur des Mines, des Distributions d'énergie électrique et de l'Aéronautique au Ministère des Travaux publics; Monmerqué, inspecteur général des Ponts et Chaussées, directeur des services de contrôle des Distributions d'énergie électrique; Mahieu, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, directeur du personnel et de la comptabilité au Ministère des Travaux publics; Bienvenue, inspecteur général des Ponts et Chaussées, directeur des services techniques de la voie publique et de l'éclairage de la ville de Paris; Lorieux, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, directeur de l'Office national du tourisme au Ministère des Travaux publics; Bouchard, directeur de l'exploitation téléphonique au Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes; Bolley, directeur des Affaires commerciales et industrielles au Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes; Gabelle, directeur de l'Enseignement technique au Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes; Margerin, directeur des Douanes de Paris; Berthelot, président de la Société internationale des Électriciens; de Ribes-Christofle, membre de la Chambre de Commerce de Paris, vice-président de la Société des anciens élèves de l'École centrale des Arts et Manufactures; Bedorez, directeur de l'enseignement primaire à la Préfecture de la Seine; Marcadet, sous-directeur de l'enseignement technique au Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes; P. Janet, directeur de l'École supérieure d'Électricité; Lauriol, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chef des services généraux d'éclairage de la Ville de Paris; Baclé, président de l'Association amicale des anciens élèves de l'École des Mines; G. Dumont, président de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail; Borderel, président du groupe des Chambres syndicales du Bâtiment et des Industries diverses; Bochand, président de la Société des anciens élèves de l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris; Blondin, rédacteur en chef de *La Revue électrique*; Montpellier, rédacteur en chef de l'*Électricien*; Girousse, ingénieur des Télégraphes, secrétaire du Comité permanent d'Électricité; Carcassonne, sous-directeur honoraire au Ministère des Travaux publics; de la Ruelle, sous-directeur au Ministère des Travaux publics; Perpignant, chef de bureau au Ministère des Travaux publics; Leclanché, président de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens; Tournaire, président de l'Union commerciale de l'Électricité; Staub, président de l'Union amicale des employés en électricité et bronze; Jobin, président du Syndicat patronal des Constructeurs et Négociants en instruments d'optique et de précision; Barguillet, vice-président de la Société des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers; Pinot, secrétaire de l'Union des Industries métallurgiques et minières; Le Perdriel, secrétaire du Comité central des Chambres syndicales; Jully, inspecteur de l'enseignement professionnel de la Ville de Paris; Marlio, attaché au Cabinet du Ministre des Travaux publics; Frénoy, président du Comité consultatif du Syndicat professionnel des Usines d'électricité; G. Mayer, avocat au Conseil d'État et à la Cour de cassation; Sirey, membre du Comité consultatif du Syndicat des Usines d'électricité; Carpentier, avocat près la Cour d'appel; Philippart, membre du Comité consultatif du Syndicat des Usines d'électricité; Willard, avoué près la Cour d'appel; Doucerain, assureur-conseil du Syndicat des Usines d'électricité; de Clarens, assureur-conseil du Syndicat des Usines d'électricité; Ducrot, de l'imprimerie Gauthier-Villars; Villiers, ingénieur-électricien.

122 adhérents des syndicats affiliés à l'Union assistaient également à ce banquet.

A la fin du banquet, M. Guillain a présenté les excuses et les regrets de quelques notables invités, retenus par des circonstances imprévues, et notamment de MM. Chautemps, sénateur, ancien ministre; Noël, sénateur, directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures; Petit, président du Tribunal de Commerce de la Seine; David-Mennet, président de la Chambre de Commerce de Paris; Cotelle, président de la Section des Travaux publics au Conseil d'État; H. Chardon, conseiller d'État; Colson, conseiller d'État; Marraud, commissaire général de l'Exposition de Gand; Frouin, directeur de l'exploitation télégraphique au Ministère



du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes; Herman, directeur de la comptabilité au Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, Mazoyer, directeur de l'Exploitation postale au Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes; Tarbouriech, directeur du personnel au Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes; Jullien, inspecteur général des Ponts et Chaussées, président de la Commission des distributions d'énergie électrique au Ministère des Travaux publics; Tavernier, inspecteur général des Ponts et Chaussées, inspecteur de l'Hydraulique agricole; Carrier, inspecteur général des améliorations agricoles, Taché, administrateur de l'Enregistrement, des Domaines et du Timbre au Ministère des Finances; Marlio, maître des requêtes au Conseil d'État, chef du cabinet de M. le Ministre des Travaux publics; Fighiera, chef du cabinet de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes; Maringer, directeur de l'Administration départementale et communale au Ministère de l'Intérieur; Estaunié, inspecteur général des Postes et Télégraphes; Maljean, administrateur des Douanes au Ministère des Finances; Magny, directeur des Affaires départementales à la Préfecture de la Seine; Drouets, directeur de l'Office national de la propriété industrielle; A. Fontaine, directeur du Travail au Ministère du Travail; Blondel, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; A. Sartiaux, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; Picou, président du Comité électrotechnique français; Haller, membre de l'Institut, président du Comité consultatif des Arts et Manufactures, directeur de l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris; lieutenant-colonel Maumet, directeur des Sociétés d'assurances des industries métallurgiques contre les conséquences du chômage forcé; J. Mercier, président de la Société des Ingénieurs civils de France; J. Niclausse, président du Syndicat des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de France; de Lancelin, sous-directeur au Ministère des Travaux publics (rivières navigables et flottables); Mercier, directeur de l'Office national du Commerce extérieur; Cochegrus, membre du Comité consultatif du Syndicat des Usines d'électricité; de La Taste, avocat près la Cour d'appel; Hussenot, membre du Comité consultatif du Syndicat des Usines d'électricité.

M. Guillain, président de l'Union, a prononcé l'allocution suivante :

MESSIEURS,

M. le Ministre des Travaux publics nous fait l'honneur de présider ce soir notre banquet syndical. Avant de lui présenter nos remercîments et nos vœux, je lui demande la permission de souhaiter la bienvenue en votre nom à nos autres invités.

Je salue, tout d'abord, M. le Sénateur ancien Ministre, Boucher. Depuis bien des années, il est pour nous un ami fidèle et dévoué qui n'a pas cessé de donner aux grands intérêts attachés à nos industries l'appui de sa compétence et de son autorité au Parlement. Nous lui en sommes profondément reconnaissants.

Je remercie de leur présence à notre table M. l'inspecteur général de Préaudeau, qui préside avec une si haute impartialité et avec une si parfaite compétence le Comité permanent d'Électricité; MM. les directeurs du Ministère des Travaux publics, Charguéraud, Fontaneilles, Weiss et Mahieu, dont nous sommes les administrés reconnaissants.

J'adresse également nos remercîments à M. Dabat, directeur général des Eaux et Forêts; à M. Bouchard, directeur de l'Exploitation téléphonique; à M. Frouin, directeur de l'Exploitation télégraphique, qui, dans l'exercice de leurs hautes fonctions, prêtent à nos industries une aide toujours bienveillante.

Je salue les autres hauts fonctionnaires des divers ministères ici représentés; M. Berthelot, président de la Société internationale des Électriciens; M. Janet, directeur de l'École supérieure d'Électricité; MM. les présidents des Chambres syndicales des diverses industries constructives qui sont nos fournisseurs dévoués; MM. les présidents des associations amicales des anciens élèves des diverses écoles techniques, et MM. les directeurs de ces écoles; MM. nos avocats-conseils, et, enfin, tous les amis des industries électriques qui nous ont fait l'honneur d'accepter notre invitation, en m'excusant de ne pouvoir les citer tous nominativement.

MONSIEUR LE MINISTRE,

Les Chambres syndicales de l'Électricité vous remercient du très grand honneur que vous leur avez fait en acceptant leur invitation.

Les industriels qui les composent connaissent depuis longtemps votre dévouement aux grands intérêts économiques et sociaux que desservent leurs entreprises. Vous représentez avec éclat, au Parlement, une des régions où l'électricité rend le plus de services, et dont les populations ont vu se développer le plus rapidement les grands réseaux de distribution. Il serait donc presque superflu de vous rappeler le rôle capital que nos industries remplissent dans la vie économique du pays, si ce n'est pour constater que ce rôle grandit tous les jours.

Il y a 7 ans, le nombre des communes desservies par un réseau de distribution d'électricité n'atteignait par 3000. Ce nombre dépasse aujourd'hui 7000.

Tandis que, dans la moitié nord de la France, les centrales thermiques étendent leurs réseaux et augmentent la puissance de leurs génératrices dont le total dépasse, dès maintenant, 500 000 chevaux, les usines hydrauliques des Alpes, des Pyrénées et du Plateau Central, complétées par des usines thermiques, couvrent de leurs réseaux la moitié méridionale de la France, en mettant à la disposition des industries et des populations qu'elles desservent plus de 700 000 chevaux.

Ainsi la puissance actuelle des usines génératrices d'électricité dépasse 1 million de chevaux. Les installations en cours d'exécution ou en projet représentent une puissance totale d'un autre million. Les capitaux immobilisés dans les usines et dans les réseaux de distribution atteignent actuellement près d'un milliard et demi de francs, et ce n'est qu'un commencement, sans compter les centaines de millions immobilisés dans les usines de construction qui fournissent aux entreprises de production et de distribution leur matériel.

Vous rappellerai-je, Monsieur le Ministre, que ces industries électriques datent de 25 ans à peine; que pendant longtemps elles se sont bornées à fournir un nouvel éclairage qui ne faisait que doubler les services déjà rendus par le gaz; tandis que, maintenant, indépendamment des industries nouvelles de l'électrochimie et de l'électrométallurgie dont elles sont les créatrices, elles répandent dans les villes, dans les villages, dans les hameaux les plus infimes, le bienfait d'une force motrice souple et obéissante, divisible à l'infini, s'adaptant aussi bien au laminoir le plus puissant de la grande forge, qu'aux machines-outils les plus variées du grand atelier

de construction mécanique ou de la boutique du petit serrurier; aussi bien aux machines les plus complexes de la grande filature ou du grand tissage qu'au métier familial du canut ou du petit tisserand, ou à la machine à coudre de l'ouvrière; aussi bien aux pompes de l'usine d'irrigation qu'à la charrue, à la batteuse, à l'écrémeuse, à la baratte et à tous les menus travaux de la ferme. Alors que dans les usines et les ateliers du temps passé, le manœuvre était obligé d'épuiser trop souvent ses forces dans des efforts trop semblables à ceux d'une bête de somme, l'ouvrier d'aujourd'hui, aidé par le courant électrique, devient le conducteur intelligent d'une force obéissante. Et, dans bien des cas, nous pouvons espérer voir l'atelier de famille revivre de sa vie saine et moralisatrice.

La loi du 15 juin 1906, Monsieur le Ministre, a confié au Département des Travaux publics l'administration des réseaux de distribution sur toutes les voies publiques. Nous n'avons qu'à nous louer depuis cette époque de l'aide que votre Administration nous a donnée. Nous connaissons, par une longue expérience, l'esprit éclairé et le dévouement de vos éminents collaborateurs, MM. les présidents de Préaudeau et Jullien, du Comité permanent de l'électricité et de la Commission des distributions, et M. Weiss, directeur des Distributions d'énergie électrique, et nous sommes certains qu'ils nous continueront, dans l'avenir, les précieux encouragements qu'ils n'ont pas cessé de nous donner dans le passé. Nous savons que nous répondons à leurs préoccupations et à leur désir en exprimant le vœu que les formalités pour l'obtention des autorisations de voirie soient autant que possible simplifiées, surtout pour les canalisations peu importantes. J'ajouterai que, connaissant l'excellent esprit de M. le directeur de l'Office national du Tourisme, nous sommes certains qu'il nous appuiera, de concert avec notre défenseur naturel, M. le directeur des Distributions d'électricité, dans nos légitimes résistances aux réclamations exagérées des amoureux trop passionnés de l'esthétique, qui voudraient peut-être nous faire imposer l'obligation d'habiller tous nos poteaux en colonnes corinthiennes. Nous serions d'ailleurs également soutenus, j'en suis certain, par M. le directeur de l'Exploitation télégraphique, qui ne se souciera pas de voir étendre une obligation aussi onéreuse à ses poteaux télégraphiques, encore plus laids, avouons-le, que les poteaux et pylônes de nos lignes de transport. Nous promettons, d'ailleurs, de faire des efforts pour que ceux-ci soient irréprochables autant que ce sera nécessaire.

C'est encore de votre Département que nous dépendons, Monsieur le Ministre, pour l'établissement et l'exploitation des usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public. Un projet de loi, qui en fixera sur de nouvelles bases le régime légal, est pendant devant le Sénat et va sans doute, bientôt, faire l'objet d'une seconde délibération de la Haute Assemblée. On a pu se demander si une nouvelle loi était bien nécessaire, et avant que le Sénat, dans sa première délibération, eût corrigé les dispositions qui lui étaient d'abord soumises, nous étions, je vous l'avoue, très peu disposés à nous réjouir de la sollicitude que le Parlement témoignait à notre industrie; nous aurions certainement préféré qu'il portât son attention sur d'autres objets et nous laissât en tête-à-tête avec M. Charguéraud, directeur de la navigation, pour appliquer, comme il voulait le faire, aux usines nouvelles une savante et agréable mixture de la loi de 1870 sur les concessions de travaux publics et de la loi de 1898 sur la police des cours d'eau. La première délibération du Sénat nous a rassurés; nous vous demanderons seulement d'appuyer quelques amendements, et, somme toute, si ces amendements sont adoptés, nous trouverons dans la nouvelle loi l'avantage d'un statut déterminé qui, on peut l'espérer, mettra nos successeurs, si on l'applique loyalement, à l'abri des fantaisies, peut-être malfaisantes, des Ministres et des Directeurs de l'avenir. On ne peut pas, en effet, avoir la certitude que le Ministre des Travaux publics sera toujours aussi éclairé et aussi bienveillant que vous l'êtes, ni qu'il aura toujours auprès de lui, pour le conseiller, un Directeur aussi expérimenté, aussi clairvoyant pour l'appréciation de l'intérêt général, aussi énergique à le défendre, que l'est votre éminent collaborateur, M. Charguéraud.

Indépendamment du projet de loi sur les usines hydrauliques du domaine public, le Sénat est saisi d'une question incidemment soulevée par un article de la loi de finances de 1913, article qu'il a disjoint et renvoyé à l'examen d'une de ses Commissions. Il s'agirait de subordonner l'octroi de tous les règlements d'eau sur les cours d'eau du domaine privé, de toutes les autorisations ou concessions d'usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public, à une instruction complexe mettant en jeu trois Ministères, dont celui des Beaux-Arts, pour apprécier si les ouvrages projetés sont de nature à nuire à l'aspect esthétique du paysage. Une campagne assez violente a été entamée au nom des intérêts du tourisme pour réclamer ces mesures d'instruction complexe, qui, si le texte proposé d'abord n'avait pas été disjoint, frapperaient de stérilité, souvent pendant des années, la mise en valeur des chutes d'eau nouvelles au grand dommage du développement de la richesse publique.

Nous sommes convaincus, Monsieur le Ministre, que nous pouvons compter sur votre appui pour résister à de telles exagérations.

Certes, le tourisme est une source de bénéfice pour nos régions montagneuses. Mais il ne s'exerce que pendant les 2 ou 3 mois de l'été, c'est-à-dire, dans les Alpes et les Pyrénées, pendant la saison des eaux surabondantes, alors que la chute, aménagée généralement pour un débit moyen, laisse couler dans la vallée plus d'eau qu'il n'est nécessaire pour satisfaire l'esthétique la plus exigeante. Pendant tout le reste de l'année, c'est seulement les industries nouvelles créées par l'aménagement de la chute d'eau qui font vivre le pays, qui y apportent une richesse incomparablement supérieure aux profits à recueillir du passage rapide des automobiles des touristes.

Les besoins de l'industrie et les convenances du tourisme, dans ce qu'elles ont de légitime, pourront se concilier, sans qu'il soit nécessaire de compliquer encore l'instruction, déjà si complexe et si lente, des projets de chutes d'eau. Surtout qu'on ne laisse pas à toute prétendue association se disant touristique le droit de provoquer des enquêtes interminables. Qu'on s'en remette à la seule Administration, soit des Travaux publics,

soit de l'Agriculture, qui pourra toujours, en s'entourant des conseils compétents, apprécier sainement et équitablement les mesures de conciliation indispensables. C'est ce ce que nous prions instamment le gouvernement de soutenir devant le Sénat et la Chambre si la discussion de cette grave question revient au jour.

Il me reste, Monsieur le Ministre, à vous présenter une dernière requête, non plus au nom des exploitants des usines d'électricité, mais au nom des constructeurs du matériel hydraulique et électrique. Nous vous en avons déjà entretenu dans votre Cabinet et vous avez bien voulu vous montrer, *a priori*, favorable à nos doléances.

Il s'agit des conséquences, désastreuses quelquefois, nuisibles toujours, des droits de douanes et de la situation où nos industries constructives se trouvent placé vis-à-vis de leurs concurrents étrangers.

Les droits de douane des appareils mécaniques et électriques n'ont pas pu, lors de la revision des tarifs de la loi de 1892, être relevés en raison des stipulations de la convention franco-suisse de 1906. Nos concurrents, non seulement suisses, mais surtout allemands, peuvent ainsi envahir le marché français au grand préjudice de nos constructeurs. Cette question des droits de douane se posera nettement lors du renouvellement prochain des traités de commerce entre États de l'Europe centrale. Mais, sans attendre cette échéance, vous pourriez améliorer dès maintenant, dans une certaine mesure, la situation défavorable de nos constructeurs, en faisant insérer, dans les cahiers des charges des concessions nouvelles des usines hydrauliques du domaine public, une disposition obligeant les concessionnaires de ces usines à n'employer que du matériel de construction française, sauf exceptions spécialement autorisées par le Ministre des Travaux publics. L'éventualité de l'autorisation du Ministre pour l'achat à l'étranger empêcherait les abus, mais la règle n'en serait pas moins imposée de l'achat du matériel en France pour la généralité des cas.

Excusez-moi, Monsieur le Ministre, d'avoir si longuement exposé nos principaux desiderata. Nous connaissons votre bienveillance pour nos industries et votre autorité sur le Parlement pour les défendre. Nous vous exprimons de tout cœur la confiance que vous nous inspirez. Je vous invite, Messieurs, à lever vos verres en l'honneur de M. Thierry, Ministre des Travaux publics. (*Applaudissements.*)

M. Thierry, Ministre des Travaux publics, a prononcé l'allocution suivante :

Discours de M. Joseph Thierry, Ministre des Travaux publics.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Lorsque vous êtes venu dans mon Cabinet, il y a quelques semaines, pour me convier à prendre part à ce dîner, vous vous adressiez à un esprit très prévenu en faveur des industries de l'électricité. Vous avez rappelé tout à l'heure, et cela est vrai, que je représente une région où l'électricité peut montrer à la France les plus beaux exemples de son développement et de sa vitalité industrielle. Et si cette raison n'avait pas suffi, j'en aurais trouvé une autre dans l'amitié qui nous unit, depuis que nous avons collaboré ensemble, dans la vie parlementaire, aux côtés de M. Boucher et de tant d'amis dont je suis heureux de raviver ici avec vous le souvenir très aimé.

Vous avez bien voulu me représenter comme un défenseur dévoué de nos richesses industrielles, de nos forces économiques. Mais, je me souviens que j'ai trouvé en vous un guide et un conseil dès mes premiers pas dans la vie parlementaire, et ce souvenir, inoubliable pour moi, me faisait une joie en même temps qu'un devoir d'être votre convive ce soir.

Vous avez parlé du rôle social que l'électricité joue maintenant dans l'industrie, de la révolution qu'elle apporte dans la distribution du travail, de la réaction qu'elle nous promet contre un encasernement anonyme du travailleur et de l'ouvrier, des promesses qu'elle nous apporte de la résurrection de l'atelier familial, de la division du travail, de tout ce qui peut constituer la garantie de la paix sociale.

Vous vous êtes plaint des esthètes et j'étais bien tenté de leur dire avec vous que l'esthétique, vous pourriez la définir en montrant les avantages sociaux de l'électricité; l'esthétique, l'industrie nous l'apporte aussi bien que la peinture, la sculpture et la vue de la nature, car quand un peuple riche, laborieux et prospère peut montrer les beautés de son labeur, la richesse de sa production, il nous présente par là même un spectacle qui, pour le bon citoyen, pour le bon serviteur de sa patrie, a quelque chose de plus profondément attirant et réconfortant que ce qui est simplement la grâce ou la parure d'une existence à laquelle il ne manque rien. (*Applaudissements.*)

Nous sommes dans un pays où beaucoup de progrès encore sont à accomplir, où beaucoup de bien-être est encore à conquérir, et c'est précisément dans les progrès scientifiques de l'aménagement industriel que nous trouvons l'harmonie et la garantie de ces progrès si souhaitables.

Aussi quand vous m'avez convié à essayer de tempérer le zèle des esthètes, vous avez répondu d'avance à mes sentiments. Je me rappelle que lorsqu'on a voulu édifier à l'entrée du vieux port, à Marseille, ce transbordeur qui rend actuellement de si précieux services, l'esthétique protesta avec violence, le condamna par avance et voulut s'opposer aux travaux; et cependant lorsqu'il fut édifié, les opposants furent obligés de constater que ces pylônes étaient aussi élégants que hardis et donnaient une mesure presque poétique de la richesse de l'imagination industrielle de notre siècle.

Il faut donc mettre chaque chose à sa place, et nous adressant à notre distingué et très sympathique Sous-Secrétaire d'État aux Beaux-Arts, si apprécié d'ailleurs dans d'autres domaines, nous pourrons lui rappeler, si l'on tente de rétablir dans la loi de finances la disposition que vous avez critiquée, qu'il doit trouver à l'Opéra et dans la défense d'autres chefs-d'œuvre des occupations dignes de son goût et de ses aptitudes.... (*Rires et applaudissements.*)

Le Sénat n'est pas saisi seulement de la loi de finances : il aura également à s'occuper du projet de loi relatif au régime légal des forces hydrauliques des cours d'eau du domaine public.

En vous écoutant tout à l'heure exprimer votre opinion sur ce projet, je constatais que tout en vous déclarant aujourd'hui favorable au texte admis en première délibération par le Sénat, sous réserve de quelques retouches, vous aviez hésité tout d'abord à opter entre le *statu quo* et la loi nouvelle; vous vous étiez demandé le régime qu'il fallait préférer, soit l'autorisation à titre précaire et révocable, soit la concession à durée limitée et à organisation réglementée. Je me rappelle avoir dit un jour à l'un des vôtres, un grand industriel : « Je ne comprends pas que la précarité de l'autorisation puisse être préférée à la solidité de la concession », et il me répondit par une parole qui n'était pas moins spirituelle que banale, mais qui était spirituelle dans la circonstance : « Mais le provisoire dure si longtemps qu'il est pour nous la meilleure des sécurités... ». Cependant, ce n'est pas sans étonnement que j'apprends que des usines formidables, constituées par de grandes Sociétés, au moyen d'un énorme capital en actions et en obligations, étaient sous le régime d'une autorisation précaire et révocable.

Je ne sais pas, mon cher Président, si des industries nées d'hier, qui jouent dans la fortune publique du pays ce rôle capital que vous avez retracé tout à l'heure en quelques chiffres saisissants, je ne sais pas si ces industries, au moment où elles vont prendre une place tous les jours plus ample dans la vie nationale, ont intérêt à rester sous le régime des autorisations provisoires et si le régime des concessions, avec leur charte, leur cahier des charges, qu'on peut discuter, qu'on peut mettre au point par un accord entre les pouvoirs publics et les représentants les plus autorisés de l'industrie, si ce dernier régime n'est pas préférable, à la condition d'être, bien entendu, bien conçu, bien organisé, bien aménagé.

Du reste, vous l'avez dit vous-même : si vous êtes en présence d'une loi qui vous paraît tellement acceptable que vous êtes décidés à y souscrire, moyennant quelques améliorations de détail, est-ce que ce n'est pas le moment de la faire voter pour n'en avoir pas une pire dans 10 ou 20 ans ? Je suis tout prêt, en ce qui me concerne, à faire hâter ce vote. Après le vote de la loi de finances et de la loi militaire, j'espère que le Sénat pourra reprendre en deuxième délibération le projet de loi et aboutir rapidement à donner aux chutes d'eau du domaine public leur statut légal définitif. Il est évident qu'il ne faut pas trop légiférer. Mais dans l'espèce on ne fera que consacrer, régler par la loi des organismes dont une longue expérience mûrie, réfléchie, a montré le bon fonctionnement. Légiférer dans ces conditions, cela est sage et désirable. Aller au-devant des faits, les précéder, les prévoir, ce serait très téméraire. L'expérience de la vie en général nous apprend que c'est toujours ce qu'on prévoit le plus qui arrive le moins, et, en matière législative, c'est peut-être encore plus vrai. Si je suis ennemi de légiférer dans le vide, je suis partisan de légiférer mûrement, sagement à la lumière de l'expérience et avec, disons-le, l'assistance des avis des principaux intéressés.

Après m'avoir entretenu de vos exploitations électriques, vous m'avez parlé de la construction des machines et appareils, que ces exploitations utilisent, et c'est ainsi que vous m'avez convié officieusement ces jours-ci à provoquer une certaine nationalisation de ces machines et appareils, si je puis m'exprimer ainsi. A ce propos, nous avons causé du régime douanier. Je ne dis pas que la métallurgie, en général, dans la révision du tarif des douanes en 1910, n'a pas été abondamment, peut-être sur quelques points surabondamment protégée... vous n'êtes pas tout à fait de mon avis, mon cher Président ?... Abondamment, nous nous mettons d'accord sur cette expression et nous supprimons le superlatif.... (*Rires.*) Il devait en résulter fatalement que les autres industries constructives dont le régime douanier était subordonné aux prescriptions de conventions internationales antérieures, que la loi de 1910 ne pouvait modifier, étaient mises dans l'impossibilité de participer au développement de la protection et devaient se trouver, pour ainsi dire, handicapées dans une situation plus défavorable qu'avant la révision. C'est, en effet, le traité franco-suisse, vous l'avez dit, qui s'est opposé à ce que ces industries constructives aient reçu la protection qui a été dispensée aux autres. Je crois même que depuis lors un artifice de rubrique douanière, souvent pratiqué dans tous les pays, a fait l'objet d'un arbitrage et qu'il a tourné contre nous.

Dans ces conditions, il est incontestable que les pouvoirs publics ont le devoir d'avoir égard à cette situation et qu'ils doivent dans l'intérieur de nos frontières, ce qui n'a rien de blessant pour nos voisins, rien d'irritant au point de vue international, s'employer à compenser dans la mesure du possible la défaveur qui résulte de ce dénivellement, de cette dissonnance de circonstances à l'encontre de cette industrie. De là à dire que, au point de vue de mes idées économiques, je me résoudrais facilement à prescrire que la marchandise sera obligatoirement, toujours et invariablement, une marchandise d'origine française, il y a un pas... et j'aime mieux vous dire très franchement que, ce pas, je ne le franchirai pas. Du reste, vous ne m'avez pas demandé un régime aussi absolu. Vous avez reconnu qu'il convient d'y apporter des tempéraments raisonnables, légitimes. Si l'on prescrit en principe l'origine française de certains outillages, sous la réserve que pour éviter les abus et pour tenir compte des circonstances particulières, le Ministre pourra autoriser des exceptions à cette règle, les objections tombent. Le procédé administratif devient régulier, parce que, je le répète, il se passe entre nous, à l'intérieur de nos frontières françaises, et je le trouve acceptable pour la raison d'inégalité que je rappelais tout à l'heure.

Et c'est dans ces conditions que je serais heureux de pouvoir d'abord, sur ce sujet, venir en aide à une industrie profondément intéressante, si importante pour l'avenir et la vitalité de notre pays; et, d'autre part, de continuer avec mes collaborateurs éminents, au nom desquels je vous remercie des paroles aimables que vous leur avez adressées tout à l'heure, l'œuvre de collaboration que nous entretenons avec vous.

Messieurs, je ne puis que me féliciter d'être venu au milieu de vous ce soir, aux côtés de l'homme de bien et du citoyen éminent qu'est votre Président. Je serai toujours heureux et fier de tout ce que je pourrai apporter de concours à votre grande œuvre industrielle. (*Vifs applaudissements.*)



M. le Ministre a bien voulu décerner ensuite les distinctions honorifiques suivantes, qui ont été accordées sur sa demande, par M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, sur la proposition du Syndicat professionnel des Industries électriques et du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Officier de l'Instruction publique :

MM.

PAILLARD (Gaston), directeur technique de la Société Hydra.

Officiers d'Académie :

FLOCHEL (Alfred), ingénieur. Maison Bréguet.

LAVOY (Maurice), directeur d'établissement industriel. Maison Darras.

THEVET (Georges), directeur commercial d'établissements industriels. Société des établissements Adt.

GUÉNOT (Paul), ingénieur, chef des études à la maison Mildé.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Officier d'Académie :

FENNINGER (Mme), secrétaire sténodactylographe du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

M. le Ministre a bien voulu, en outre, décerner, au nom de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, la médaille du travail aux vieux collaborateurs désignés ci-après :

Médailles d'honneur du travail.

MM.

AULAGNE (Félix), 30 ans de service. Société industrielle des Téléphones.

BARTHE (Auguste), 31 ans de service. Maison F. Ducretet et E. Roger.

BISCH (Alphonse), 30 ans de service. Société d'Électricité Mors.

BOURGEOIS (François), 31 ans de service. Société industrielle des Téléphones.

CAGNIER (Jean-Marie), 30 ans de service. Société anonyme de la manufacture de porcelaines de Sainte-Foy-l'Argentière.

CHAPELAIN (Mme Claudine), 30 ans de service. Société industrielle des Téléphones.

DIDIER (Louis), 30 ans de service. Société industrielle des Téléphones.

ÉLOY (Alexandre-Denis-Jean), 32 ans de service. Société anonyme Westinghouse.

GAGNIÈRE (Vincent,Marius), 30 ans de service. Maison Bréguet.

GARNIER (Octave), 30 ans de service. Maison Harlé et Cie.

GAZE (Mme Maria-Célina-Adèle), 30 ans de service. Société industrielle des Téléphones.

GOUTTE (Jean-Antoine), 34 ans de service. Société anonyme de la manufacture de porcelaines de Sainte-Foy-l'Argentière.

GRAS (Jean-Baptiste), 31 ans de service. Maison Harlé et Cie.

GROSS (Théodore), 30 ans de service. Société industrielle des Téléphones.

GUÉDON (Victor-Henri), 30 ans de service. Société d'électricité Mors.

HENRY (Jean-Marie-Louis), 30 ans de service. Maison Harlé et Cie.

LECRIT (Philippe), 31 ans de service. Société industrielle des Téléphones.

LECORCHEY (Louis), 30 ans de service. Société industrielle des téléphones.

MOUTIÉ (Denis-Adrien), 31 ans de service. Société d'électricité Mors.

NOËL (François-Maximilien), 30 ans de service. Maison Harlé et Cie.

ROBLOT (Henri-Anatole-Alexandre), 32 ans de service. Société industrielle des Téléphones.

SILLET (Jean-Pierre), 30 ans de service. Maison Bréguet.

TOUSSAINT (Charles), 37 ans de service. Maison G. Gaiffe.

VANDEMBORRE (Paul-Eugène), 32 ans de service. Société industrielle des Téléphones.

VEYRENC (Joseph-Frédéric), 30 ans, Maison Bréguet.

Il a été ensuite donné lecture des listes des médailles accordées par le Syndicat professionnel des Industries électriques et le Syndicat professionnel des Usines d'électricité aux ouvriers et employés désignés par leur directeur comme les plus méritants.

Les noms proclamés sont les suivants :

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Médailles d'argent.

MM.

BRUCHET (Charles), 17 ans de service. Maison Harlé et Cie.

COISNEAU (Henri), 20 ans de service. Maison Harlé et Cie.

DAGUEZ (Eugène), 15 ans de service. Le Matériel téléphonique.

FERDRIN (Léon-Victor), 15 ans de service. Alfred Dinin.

FOLIE-DUPART (Raymond-Louis), 19 ans de service. Maison Harlé et Cie.

GENLOT (Eugène-Louis), 16 ans de service. Maison Harlé et Cie.

GOUPIL (Adolphe-Édouard), 19 ans de service. Maison Harlé et Cie.

HAAS (Adolphe-Robert), 16 ans de service. Appareillage électrique Grivolas.

LOGEROTTE (Lazare), 22 ans de service. Société l'Éclairage électrique.

MAVRE (Eugène-Ernest), 25 ans de service. Maison Harlé et Cie.

MOLLARD (Albert), 22 ans de service. Société l'Éclairage électrique.

RICHERT (Frédéric-Henri), 32 ans de service. Maison Barbier, Bénard et Turenne.

TOUCHE (Victor), 17 ans de service. Le Matériel téléphonique.

TUGOT (André), 18 ans de service. Le Matériel téléphonique.

Médailles de bronze.

BARAT (Eugène), 21 ans de service. Appareillage électrique Grivolas.

BAILLARD (Claude), 22 ans de service. Maison Barbier, Bénard et Turenne.

BAZIRE (Henri-Fernand), 21 ans de service. Compagnie Thomson-Houston.

BERTIN (Louis-Baptiste), 21 ans de service. Compagnie Thomson-Houston.

BOUHOURD (Georges-Auguste), 20 ans de service. Compagnie du Gaz et d'Électricité du Mans.

BOUVET (Victor-Pierre), 24 ans de service. Maison Harlé et Cie.

BORDEL (Marie-Louis), 22 ans de service. Maison Harlé et Cie.

BOURGEOIS (Ernest), 26 ans de service. Maison Barbier, Bénard et Turenne.

BARET (Pierre-Auguste), 24 ans de service. Société l'Éclairage électrique.

BAILLY (Louis-Georges), 22 ans de service. Société d'Électricité Mors.

BISCH (Eugène), 29 ans de service. Société d'Électricité Mors.

COLLIARD (Georges-Louis), 25 ans de service. Société d'Électricité Mors.

COLLIARD (Henri-Joseph), 23 ans de service. Société d'Électricité Mors.

CARON (Henri-Jean), 25 ans de service. Maison Harlé et Cie.

CHEVALLIER (Ernest), 22 ans de service. Maison Harlé et Cie.

CHAMPOTRAY (Jules), 25 ans de service. Maison Harlé et Cie.

COULON (Auguste), 22 ans de service. Maison Harlé et Cie.

COUSTEIX (Mlle Henriette-Marie), 23 ans de service. Société d'Électricité Mors.



Deslay (Jean-Baptiste), 28 ans de service. Maison Harlé et Cie.
Faquelin (Jean-Marie), 22 ans de service. Maison Harlé et Cie.
Gattebois (Eugène-Louis), 22 ans de service. Maison Harlé et Cie.
Gatinet (Pierre-Adrien), 20 ans de service. Société anonyme Westinghouse.
Grandremy (Charles-Émile), 21 ans de service, Société anonyme Westinghouse.
Groguelin (Jules), 22 ans de service, Société anonyme Westinghouse.
Herblot (Joseph), 21 ans de service. Société anonyme Westinghouse.
Helbert (Jean-Baptiste), 19 ans de service. Compagnie du Gaz et d'Électricité du Mans.
Hercent (Stanislas-Louis), 28 ans de service. Compagnie du Gaz et d'Électricité du Mans.
Hugot (Ernest-Joseph), 23 ans de service. Société d'Électricité Mors.
Kircher (Nicolas), 26 ans de service. Maison Barbier, Bénard et Turenne.
Lemaistre (Eugène-Henri), 21 ans de service. Appareillage électrique Grivolas.
Lemaire (Charles), 16 ans de service. Maison Bréguet.
Langlois (Alphonse-Joseph), 27 ans de service. Maison Harlé et Cie.
Laderrière (Régis-Achille), 22 ans de service. Société anonyme Westinghouse.
Lauxire (Léon-Pierre), 21 ans de service. Compagnie du Gaz et d'Électricité du Mans.
Maron (Louis), 25 ans de service. Maison Harlé et Cie.
Marionnet (Jacques), 22 ans de service. Maison Harlé et Cie.
Neyrin (Mathieu), 22 ans de service. Maison Harlé et Cie.
Page (Alphonse). 25 ans de service. Maison Harlé et Cie.
Plancon (François), 16 ans de service. Maison Bréguet.
Palle (Michel), 24 ans de service. Société l'Éclairage électrique.
Riand (Auguste-Jacques), 23 ans de service. Maison Barbier, Bénard et Turenne.
Rives (Albert), 23 ans de service. Maison Harlé et Cie.
Sailler (Auguste-Charles), 25 ans de service. Maison Harlé et Cie.
Sougnez (Henri), 22 ans de service. Maison Harlé et Cie.
Viller (Pierre), 25 ans de service. Maison Harlé et Cie.
Wendling (Georges), 18 ans de service. Maison Bréguet.
Widehen (Jules-Victor), 22 ans de service. Société anonyme Westinghouse.

Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Médaille de vermeil.

MM.
Pallot (Philippe). Compagnie électrique de la Loire.

Médailles d'argent.

Brunetaud (Auguste). Compagnie d'Électricité de l'Ouest-Parisien.
Deleau (Gaston). Compagnie d'Électricité de Marseille.
Élien (Henri). Compagnie lorraine d'Électricité.
Grangeon (Louis). Compagnie du Gaz de Lyon.
Laigle (Edmond). Compagnie lorraine d'Électricité.
Borio (Louis). Compagnie générale d'Électricité (Amiens).
Bernard (Charles). Compagnie lorraine d'Électricité.
Savareau (Gaston). Société d'énergie électrique de Grenoble et Voiron.
André (Paul). Compagnie d'Électricité de Marseille.

Médailles de bronze.

Limberton (Pierre). Sud-Électrique.
Davidoux (Alfred). Compagnie d'Électricité de l'Ouest-Parisien.
Combal (Louis). Compagnie du Gaz de Lyon.
Laurent (Jules). Compagnie lorraine d'Électricité.
Trindondand (Baptiste). Société d'Applications industrielles.
Mazeirac (Jean-Pierre). Compagnie d'Électricité de la Loire.
Rémy (Victor). Compagnie Lorraine d'Électricité.
Hunder (Joseph). Compagnie d'Électricité de Marseille.
Baudlot (Maurice). Compagnie générale d'Électricité (Amiens).
Chassaing (Michel). Compagnie d'Électricité de l'Ouest-Parisien.
Dance (Pierre). Compagnie du Gaz de Lyon.
Goribon (Eugène). Compagnie d'Électricité d'Angers.
Barthel (Léon). Compagnie Lorraine d'Électricité.
Penel (Henri). Compagnie électrique de la Loire.
Blanc (Émile). Société d'énergie électrique de Grenoble et Voiron.
Nègre (Baptistin). Compagnie d'Électricité de Marseille.
Verdier (Arthur). Compagnie d'Électricité d'Angers.
Boquet (Jules). Compagnie générale d'Électricité (Amiens).

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité de l'Union des Syndicats de l'Électricité du 6 mai 1913.

Présents : MM. Guillain, président; Cordier, Eschwège, M. Meyer, vice-présidents; Chaussenot et Vautier, secrétaires adjoints; Beauvois-Devaux, trésorier; Boutan, Brylinski, Godinet, Legouez, F. Meyer, Pinot, Sée; Brachet, suppléant M. Berthelot; Paré suppléant M. Coze.

Absents excusés : MM. Fontaine, secrétaire; Berthelot, Cotté.

M. Guillain occupe le fauteuil de la présidence.

Correspondance. — Le Comité prend connaissance de la circulaire qui a été envoyée, en conformité de la décision prise à la séance précédente, aux différents groupements adhérents afin d'attirer leur attention sur l'Exposition qui doit avoir lieu à Lyon en 1914, en insistant sur l'intérêt qu'il y aurait à y participer pour faire connaître au public les différentes applications nouvelles de l'énergie électrique.

Le Comité de l'Union prend connaissance des lettres de la Direction de l'Artillerie au Ministère de la Guerre, adressant deux projets de cahiers des charges : l'un pour la fourniture de voitures automobiles équipées avec des projecteurs électriques et l'autre pour la fourniture de groupes électrogènes pour l'alimentation des projecteurs des postes photo-électriques. Le Comité décide que des remerciements seront adressés à la Direction de l'Artillerie; avis lui sera donné que les cahiers des charges sont communiqués au Syndicat intéressé.

Il est donné lecture de la circulaire du Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes relative à une enquête sur la situation du commerce en France; cette lettre est accompagnée de questionnaires. Après examen, le Comité estime que cette enquête intéresse surtout le commerce de détail plutôt que nos industries et il passe à l'ordre du jour.

Ratification de la nomination de délégués. — Le Comité prend connaissance de la lettre du Syndicat professionnel des Industries électriques indiquant les délégués qui ont été désignés pour représenter ce groupement.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Michoud, délégué de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques, qui demande l'autorisation de se faire représenter aux séances du Comité par M. H. Cahen, lorsqu'il ne peut y assister lui-même. Le Comité donne cette autorisation.

Nomination d'un vice-président. — M. le Président indique au Comité qu'en raison de la nomination de M. Marcel Meyer comme président du Syndicat professionnel des Industries électriques il y a lieu d'apporter une modi-



fication au Bureau du Comité de l'Union et il propose de désigner M. Marcel Meyer comme vice-président, en remplacement de M. Legouez.

M. Marcel Meyer est élu à l'unanimité vice-président du Comité de l'Union.

Protection et conservation des sites pittoresques. — Répondant à une question de M. le Président, M. Pinot rappelle que l'amendement à la loi de finances qui avait été proposé par M. Beauquier au sujet de la protection des sites pittoresques comporte trois dispositions : deux de celles-ci ont été disjointes par la Commission sénatoriale des finances; quant à la troisième qui était relative à la création d'une caisse d'expropriation et d'indemnité, elle a été maintenue en vue de faciliter le règlement de ces questions.

M. Pinot signale que l'Office du Tourisme vient de créer une Commission pour la protection des sites; il estime qu'il serait intéressant que des membres du Comité de l'Union puissent en faire partie afin de défendre les intérêts de nos industries.

Poteaux types pour canalisations aériennes. — M. le Président indique que l'enquête se poursuit à l'étranger et en province relativement à la question des poteaux types pour canalisations aériennes. Dès que les réponses lui seront parvenues, la Commission les examinera et préparera ses conclusions.

Insertion dans les polices d'abonnement d'une garantie de minimum de consommation. — Le Comité prend connaissance d'une question soumise par un de nos Syndicats adhérents : « Un concessionnaire, dont le cahier des charges ne prévoit pas explicitement dans ses tarifs la garantie d'un minimum de consommation, a-t-il le droit d'insérer cette garantie dans les polices d'abonnement ». Après échange d'observations, le Comité décide de renvoyer la question au Comité du Contentieux de l'Union afin d'avoir son avis.

Banquet. — M. le Président indique qu'à la suite de la démarche qu'il a faite, M. le Ministre des Travaux publics a bien voulu accepter la présidence du banquet et en a fixé la date au 2 juin prochain. Avis en a été donné aux différents groupements adhérents afin qu'ils puissent prendre leurs dispositions en conséquence.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue d'Édimbourg, 9.
Téléphone : Wagram 07-59.

Douzième Bulletin bimensuel de 1913.

Sommaire : Procès-verbal de la Chambre syndicale du 3 juin 1913, p. 545. — Cotisations, p. 547. — Service de placement, p. 547. — Bibliographie, p. 547. — Offres et demandes d'emplois, p. xxxix.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre syndicale du 3 juin 1913.

Présidence de M. Marcel Meyer.

La séance est ouverte à 2 h 15 m.

Sont présents : MM. Meyer-May, Zetter, anciens présidents; M. Marcel Meyer, président; Frager, Grosselin et Larnaude, vice-présidents; Minvielle, trésorier; Sauvage, secrétaire; Alliot, André, Bancelin Berne, Cance, Casavova, Chateau, Davin, Hillairet, De La Ville Le Roulx, Leclanché, Lens, Levis, Schmitt, de la Touanne, Tourtay et Tournaire, membres; Chaussenot, secrétaire général.

Se sont excusés : MM. Legouez, ancien président; Azaria, Brunswick, Getting, Portevin et Ziegler.

Procès-verbal. — Le procès-verbal de la séance du 8 mai devant être publié dans le numéro de la *La Revue électrique* du 6 juin, son approbation est reportée à la prochaine séance.

Remerciements. — La Chambre prend connaissance des lettres de remerciements :

De M. Trachtenberg, pour son admission au Syndicat;

De l'Association philotechnique pour médaille accordée aux élèves de son cours d'électricité, et de différents groupements auxquels la composition du Bureau a été communiquée.

Admissions. — La Chambre prononce les admissions suivantes :

De MM. Lespervez et Cie, 10, rue des Poissonniers, à Saint-Denis, inscrits à la cinquième Section et représentés par le comte Louis de Clercq;

De M. le comte Louis de Clercq, ingénieur expert, 60, avenue du Bois-de-Boulogne, Paris, présenté par MM. Legouez et M. Meyer, inscrit à la cinquième Section comme représentant MM. Lespervez et Cie;

De MM. Monnier et Dejardin, 195-197, rue Saint-Charles, Paris, Fonderies et constructions électromécaniques, inscrits à la troisième Section et représenté par M. Monnier;

De M. Monnier, 195-197, rue Saint-Charles, présenté par MM. Marcel Meyer et H. Chaussenot, inscrit à la troisième Section, comme représentant MM. Monnier et Dejardin;

De la Société l'Electricité moderne, chauffage par l'électricité, 16, rue Duret, inscrite à la deuxième Section et représenté par M. Lhomer;

De M. Lhomer, 16, rue Duret, inscrit à la deuxième Section, comme représentant la Société l'Électricité moderne, présenté par MM. Marcel Meyer et Chaussenot;

De M. Ostheimer, ingénieur E. C. P., 64, Chaussée-d'Antin, présenté par MM. Warnery et Bouchet, pour être inscrit à la septième Section.

Nomination d'un membre de la Chambre. — M. le Président signale que, par suite du renouvellement du Bureau, M. Legouez, ancien président, devenant de droit membre de la Chambre, il y a lieu de procéder à la nomination d'un nouveau membre qui doit appartenir à la première Section.

D'accord avec cette Section, il propose la nomination de M. Brun, représentant de MM. Schneider et Cie. La Chambre approuve cette proposition et charge son Président d'en aviser M. Brun.

Union des Syndicats de l'Electricité. — Communication est donnée du procès-verbal de la séance du Comité du 6 mai 1913 qui sera publié dans le numéro de *La Revue électrique* du 20 juin.

M. le Président indique que le banquet de l'Union, qui a eu lieu le 2 juin dernier, a été particulièrement brillant en raison du nombre important des hautes



personnalités qui avaient bien voulu accepter l'invitation qui leur avait été faite, et des nombreux adhérents qui s'étaient réunis pour les recevoir.

Au cours de cette fête, que M. le Ministre des Travaux publics présidait, des discours ont été prononcés par lui et par M. Guillain président de l'Union des syndicats de l'Electricité, à la suite desquels les distinctions honorifiques suivantes ont été décernées :

A. — *Officier de l'Instruction publique :*

M.

Paillard (Gaston), directeur technique de la Société Hydra, à Neuilly-sur-Seine.

B. — *Officiers d'Académie :*

MM.

Flochel (Alfred), ingénieur de la maison Breguet, à Paris;

Lavoy (Maurice), directeur de la maison Darras, à Paris.

Thevet (Georges), directeur commercial de la Société des établissements Adt.

Guénot (Paul), ingénieur E. C. P., chef des études de la maison Mildé.

Fenninger (Mme), secrétaire sténodactylographe du Syndicat des Usines d'électricité.

Des médailles d'honneur du travail ont été également distribuées à 25 employés ou ouvriers d'établissements adhérents de notre Syndicat, ayant plus de 30 années de services.

Des médailles d'argent du Syndicat accordées à des employés ou ouvriers ayant rendu des services à l'industrie électrique, et des médailles de bronze du Syndicat, récompensant des employés et ouvriers ayant 20 années de services consécutifs dans la même maison. ont été proclamées pour être remises aux lauréats par les soins des chefs de maisons auxquelles ils appartiennent. La liste des lauréats sera publiée dans le compte rendu du banquet. (*Voir* p. 543 ci-dessus.)

Comité central des Chambres syndicales. — Le Président signale que, dans sa séance du 22 mai dernier, le Comité central a examiné les questions à l'étude et notamment les projets de lois sur la protection des salaires et celui de la réglementation des emprunts étrangers.

Syndicat général du Commerce et de l'Industrie. — Le Syndicat général du Commerce et de l'Industrie a adressé la composition de son Bureau pour 1913, ainsi qu'un exemplaire de son Annuaire. D'autre part, les renseignements lui ont été envoyés pour l'inscription des cinq délégués de notre Syndicat, dans ses Commissions d'études.

Comité électrotechnique. — Le Président fait part à la Chambre de l'envoi, par le Comité électrotechnique, du *Bulletin de la Société internationale des Electriciens* contenant le rapport de M. Brunswick sur la terminologie et la cartographie.

Il rappelle que ces questions ont été examinées précédemment dans les Sections et que, dans le cas où des observations nouvelles seraient présentées, elles seraient transmises de suite au Comité électrotechnique.

Travaux des Sections. — La première Section s'est réunie le 27 mai dernier pour examiner l'*enquête financière* sur les besoins en capitaux de l'industrie française. Après échange d'observations, elle a établi un projet de réponse qui a été adressé à tous les membres de la Section en leur demandant de l'examiner en vue de soumettre, à la prochaine séance, les observations qu'ils auraient à y faire.

En ce qui concerne l'*unification des conditions de réception des machines*, elle a suspendu toute décision jusqu'à ce qu'elle ait connaissance des résultats de l'étude entreprise par le Comité électrotechnique.

La propagande à faire à l'*Exposition de Lyon* 1914 lui paraissant intéressante, elle est prête à étudier la question dès que le programme lui en sera soumis.

Après examen, elle ne voit pas d'observations à faire au *projet de cahier des charges* pour fournitures de groupe électrogène sur camion pour l'Artillerie.

La deuxième Section s'est réunie le 30 mai pour examiner les questions à l'étude. En ce qui concerne l'*unification des prises de courant*, elle a reporté l'examen définitif de la question à sa prochaine séance, certains essais relatifs à cette question n'ayant pu être terminés en temps utile.

Relativement à l'étude sur la *question financière*, l'examen de la réponse à faire est reporté à une prochaine réunion. Il en est de même pour l'étude du *projet de cahier des charges* pour projecteur sur camion destiné à l'Artillerie.

En présence du projet d'*impôt sur les lampes* à filament métallique, la Section renouvelle les protestations qu'elle avait émises précédemment et décide d'examiner, dans une prochaine séance, les dispositions qu'il conviendrait de prendre à ce sujet.

En ce qui concerne l'*unification des dimensions* et *des méthodes d'essais* de l'appareillage et, notamment, les essais d'isolateurs à haute tension destinés à la construction des appareils, la Section estime qu'il y aurait intérêt à ce que l'étude soit faite en commun avec le Syndicat des Usines et elle demande, en conséquence, que la Chambre syndicale provoque la constitution d'une Commission intersyndicale qui établirait un programme d'études relatif aux spécifications, unifications et essais de l'appareillage en général. Elle estime, en outre, que ces questions pouvant intéresser aussi les cinquième et sixième Sections, celles-ci devraient être représentées à la Commission.

La troisième Section, réunie le 14 mai, a examiné la réponse qu'il conviendrait de faire à une demande de l'Administration de la Guerre au sujet des prix des câbles et fils nus et isolés à appliquer pour les marchés.

La septième Section, réunie le 23 mai, a examiné les questions à l'étude et notamment la *classification des membres* pour spécialités, et l'examen par la Section. des questions pouvant intéresser ses membres, qui sont étudiées dans les Sections professionnelles.

Après échange d'observations, elle a chargé son Président d'en référer au Président du Syndicat en vue de trouver une solution favorable.

Après examen de ces procès-verbaux, et à la suite de différentes observations présentées, la Chambre recommande à MM. les Présidents de Sections d'insister auprès des membres adhérents pour qu'ils assistent aussi nombreux que possible aux réunions des Sections, de



façon que les décisions puissent être prises avec une majorité plus importante qu'actuellement. La Chambre pense également que les décisions doivent être prises en laissant la plus grande latitude possible à l'initiative individuelle de façon à éviter de gêner les industriels par des réglementations trop nombreuses.

En ce qui concerne l'impôt sur les lampes, elle charge son Président de faire une démarche auprès de l'Union des Syndicats de l'électricité, afin de s'entendre avec elle pour une action commune s'il est possible et, dans le cas contraire, de prendre les dispositions nécessaires pour défendre directement les intérêts des constructeurs.

CORRESPONDANCE. — M. le Président communique à la Chambre la correspondance reçue et comprenant :

Une invitation de M. Mildé, ancien Président, à assister au mariage de M. Jean Mildé, ingénieur des Arts et Manufactures, membre du Syndicat. La Chambre adresse à ces collègues ses félicitations et ses souhaits les plus sincères.

Une lettre de la Chambre de Commerce de Paris transmettant la demande d'un industriel de Turin, demandant des adresses de fabricants de lampes à incandescence. — Il a été répondu en envoyant la liste des fabricants faisant partie du Syndicat.

Une lettre du Comité central d'étude et de défense fiscale au sujet du relèvement des droits de succession. Bien que cette question ne soit pas d'ordre industriel, comme elle peut avoir une répercussion fâcheuse sur nos industries au point de vue financier, la Chambre charge son Président de suivre la question et de se joindre aux groupements auxquels nous sommes affiliés pour une action commune.

La Chambre prend connaissance d'une lettre du Directeur de l'École commerciale de Paris demandant de faire connaître le programme des cours aux membres de notre Syndicat que la question intéresse.

D'une circulaire relative au huitième Congrès des Chambres syndicales de France, qui doit se tenir à Paris en octobre 1913. M. le Président rappelle que, dans les Congrès précédents, notre Syndicat s'est fait représenter par un certain nombre de délégués et, qu'il y a lieu d'examiner s'il ne conviendrait pas d'agir de même. Il est proposé d'étudier la question en vue de la soumettre à la Chambre à la prochaine séance.

D'une lettre de la Chambre syndicale des Entrepreneurs et Constructeurs électriciens des Basses-Pyrénées, par laquelle M. Nazeyrollas fait connaître la composition de son Bureau pour 1913.

Des lettres du Syndicat national des Chauffeurs, Mécaniciens et Électriciens; de l'Association philotechnique et de l'École Bréguet sollicitant des médailles pour les élèves des cours d'électricité. — Sur la proposition de son Président, la Chambre décide d'accorder des médailles de bronze et diplômes du Syndicat, comme il a été fait en 1913.

COURS D'APPRENTIS. — Comme suite à la circulaire qui a été adressée aux industriels adhérents, M. le Président insiste auprès d'eux pour qu'ils veuillent bien apporter leur concours pour réunir le matériel nécessaire aux cours d'apprentis qui ont été ouverts récemment à l'école de la rue Blomet. Il rappelle l'intérêt qu'il y a à développer ces cours et à conserver ainsi la direction de l'instruction professionnelle, en vue d'obtenir le résultat que l'on s'est proposé, c'est-à-dire, de remédier à la crise de l'apprentissage, et d'obtenir des ouvriers habiles pour l'industrie électrique.

QUESTIONS LÉGISLATIVES. — La Chambre après avoir pris connaissance de différents projets de lois, les renvoie à l'examen de la Commission de législation.

BIBLIOGRAPHIE. — La Chambre décide que la brochure adressée par le Président de la Chambre de Commerce de Dunkerque sur la situation maritime et commerciale des ports de Dunkerque et de Gravelines, en 1912, sera classée à la bibliothèque du Syndicat, à la disposition des membres adhérents.

La séance est levée à 3 h 30 m.

Le Secrétaire général, H. CHAUSSENOT. *Le Président,* M. MEYER.

Cotisations.

Afin d'éviter des frais de recouvrements, MM. les Membres adhérents du Syndicat sont instamment priés de bien vouloir adresser leur cotisation de 1913 au Secrétariat qui leur en délivrera quittance signée du Trésorier.

Les quittances qui n'auront par été retirées *avant le 25 juin* 1913, seront présentées à domicile par les soins du service des postes, augmentées de 0,50 fr pour les frais. Prière de laisser des indications pour le paiement, en cas d'absence.

Service de placement.

Nous rappelons à MM. les industriels, membres du Syndicat, que le service de placement est à leur disposition en vue de leur signaler des candidats, munis de références, pour les emplois qui seraient vacants dans leur Maison. Nous les prions, en conséquence, de bien vouloir nous signaler le personnel dont ils auraient besoin pour que nous les aidions à le trouver.

Bibliographie.

MM. les Membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les Annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° *Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans les immeubles et leurs dépendances*;

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;

7° Le Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 200 volts;

8° La brochure sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence;

9° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat professionnel des industries électriques (édition de 1907);

10° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Annuaire* de 1912, p. 104);

11° L'affiche « Conseils pour éviter la tuberculose »;



12° Affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

13° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et les principaux décrets, arrêtés, circulaires relatifs à l'application de cette loi (par brochures séparées);

14° *Arrêté technique du 21 mars* 1911, en application de la loi du 15 juin 1906;

15° Imprimés préparés pour *demandes de concession* de distribution d'énergie électrique (conformes au Cahier des charges type);

16° États de renseignements à fournir à l'appui d'une demande (annexe n° 3 à la circulaire ministérielle du 25 octobre 1908).

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

Douzième Bulletin bimensuel de 1913.

Sommaire : Procès-verbal de la Commission technique du 10 mai 1913, p. 548. — Liste des nouveaux adhérents, p. 548. — Compte rendu bibliographique, p. 548. — Liste des documents publiés à l'intention des membres du Syndicat, p. 548.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Commission technique du 10 mai 1913.

Présents : MM. Rieunier, vice-président; Armagnat, Aubert, Bitouzet, Cousin, David, Dreyfus, Izart, Lebaupin, Lecler, Nicolini, della Riccia, Villiers.

Absents excusés : MM. Eschwège, président du Syndicat; Tainturier, président de la Commission; Fontaine, secrétaire général; Cotté, Roux, Schlumberger.

En l'absence de M. Tainturier, M. Rieunier, préside la Commission.

M. le Président souhaite la bienvenue à M. Dreyfus, nouveau membre de la Commission technique.

M. le Président donne communication d'une Note de M. Meyer-May touchant les transmissions télégraphiques au moyen de lignes de transport d'énergie à haute tension. Cette Note sera envoyée aux membres de la Commission.

M. le Président communique à ses collègues une circulaire de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail, transmise par M. Eschwège. Cette Association désire connaître les précautions à prendre par ceux qui consomment des courants à haute tension pour éviter les accidents et ne pas permettre aux Compagnies d'assurances de faire de l'absence de ces précautions une clause de déchéance.

L'Association doit se mettre en rapport avec le Syndicat qui ouvrira une enquête.

Communication du Comité électrotechnique français. — M. le Président donne lecture à ses collègues des fascicules n° 19, Comité spécial des symboles; n° 20, Comité spécial des spécifications des machines et appareils électriques; n° 21, Comité spécial des moteurs primaires en relation avec les installations électriques.

Mise en parallèle des stations centrales. — M. Aubert rend compte de l'état d'avancement de son rapport.

Types de poteaux employés dans les canalisations aériennes. — M. Lecler donnera le compte rendu d'une séance de l'Union des Électrotechniciens allemands qui émet de nouvelles règles à ce sujet.

Emploi de l'électricité en agriculture. — M. Lecler communiquera en octobre prochain, les résultats des essais de labourage électrique entrepris par la Société des Agriculteurs de France.

Sous-Commission des isolateurs. — M. David désirerait voir étudier les scellements au ciment ou à l'émail entre les diverses cloches. La sous-commission des isolateurs voudra bien s'occuper de cette question.

Sous-Commission des postes de transformation. — La sous-commission chargée d'étudier les questions indiquées par M. Bitouzet dans sa Note sur les postes de transformateurs, sera composée de MM. Daguerre, président; Bitouzet, Buffet, Cousin, David, Lecler, A. Schlumberger.

M. Izart pose une question relative à divers phénomènes observés parfois à la mise en parallèle des alternateurs. M. Armagnat indique que le fait a été étudié par M. Boucherot dans une communication au Congrès de Liège, et dont le compte rendu a été donné dans le *Bulletin* de la Société internationale des Électriciens.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 1er juin 1913.

Membres actifs.

MM.

Beaubois (Clément), ingénieur aux Exploitations électriques, 1, place d'Armes, Oran (Algérie), présenté par MM. Boulvin et Mognetti.

Bidot (Roger), ingénieur, concessionnaire de l'éclairage électrique de Bédarrides, 43, rue Montgrand, Marseille, présenté par MM. Klein et Fontaine.

Nicolas (Marius), industriel, Saint-Martin-de-Valamas (Ardèche), présenté par MM. Saléon et Fontaine.

Usine.

Usine électrique de Saint-Martin-de-Valamas (Ardèche).

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations, comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Sociétés, bilans. — Compagnie centrale d'Éclairage et de Transport de force par l'électricité, p. 570.

Chronique financière et commerciale. — Nouvelles sociétés, p. XXVII. — Modifications aux statuts et aux conseils, p. XXXVII. — Premières nouvelles sur les installations projetées, p. XLIII. — Offres et demandes d'emplois, p. XXXIX.



TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

ISOLATEURS.

Les isolateurs à suspension et la sécurité d'isolement des lignes à haute tension (1).

Les prescriptions des diverses associations d'électriciens, relatives à l'établissement des lignes électriques à haute tension, n'imposent pas, en général, de garanties au sujet de la sécurité électrique et mécanique des isolateurs; il ne s'y trouve même pas d'indications susceptibles de servir de guide à cet égard. Il s'ensuit, d'après M. Seefehlner, que, dans la plupart des installations de 30 à 70 kv, au sujet desquelles il possède des résultats d'expérience précis, l'isolement doit être considéré comme insuffisant.

Ces considérations s'appliquent surtout aux isolateurs ordinaires à tige. Dans six installations de 30 à 70 kv, l'auteur a constaté que, pour trois d'entre elles, le coefficient de sécurité contre la disruption à l'état humide n'était que de 2; dans deux autres, il était de 1,5 à 1,7 et dans une seulement, de 2,5. Les coefficients les plus faibles s'appliquaient, d'autre part, aux tensions les plus élevées. En outre, dans toutes ces installations, une lueur commençait à apparaître sur les isolateurs pour une tension atteignant 1,1 à 1,5 fois la tension normale. Il est vrai que l'observation de cette lueur, même faite directement à l'aide d'un appareil photographique, peut être influencée par diverses circonstances accidentelles; ce n'est donc pas de ce fait, que l'auteur se borne à signaler, mais plutôt de la valeur de la tension d'amorcement de l'arc superficiel, qu'il faut déduire des conclusions relatives aux conditions de sécurité proprement dites d'une installation.

Faute de règles précises, on ne fait, en général, supporter aux isolateurs que 50 à 58 pour 100 de la tension pour laquelle ils ont été commandés à l'usine. On obtient ainsi une sécurité qui suffit en général pratiquement, mais qui, d'après l'auteur, devrait être sensiblement augmentée.

D'autre part, on sait que la fabrication d'isolateurs du type ordinaire pour des tensions supérieures à 50 kv se heurte à de grandes difficultés; en outre, les exigences imposées aux constructeurs ne sont pas, en général, plus grandes, au point de vue de la sécurité mécanique qu'au point de vue électrique.

M. Seefehlner estime que le seul moyen pratique d'éliminer ces difficultés de fabrication ainsi que d'obtenir un coefficient de sécurité suffisant, aussi bien au point de vue électrique qu'au point de vue mécanique, consiste à fractionner l'isolement, c'est-à-dire à recourir à l'emploi des isolateurs du type dit *à suspension*. De nombreux auteurs ont d'ailleurs abouti déjà à la même conclusion formelle à cet égard.

Toutefois, si les divers auteurs qui ont traité la question reconnaissent la supériorité des isolateurs à suspension sur les isolateurs ordinaires pour les tensions supérieures à 50 kv, il n'y a pas unanimité sur le meilleur type d'isolateur à suspension qu'il convient d'adopter.

Les isolateurs à suspension sont, en effet, de deux types différents, selon le mode d'attache qui les relie les uns aux autres; ce sont les *isolateurs à calotte* (types C, D, E et F; *fig.* 2, 3, 4 et 5), et les isolateurs *à mailles ou maillons* (types A, G, H et J; *fig.* 1, 6, 7 et 8). M. Seefehlner s'est donc efforcé d'apporter quelques précisions au sujet de la sélection à établir entre ces deux types d'isolateurs à suspension.

L'auteur reprend et commente les conclusions de plusieurs études antérieures : la première de M. Sothmann (1),

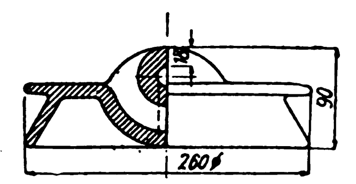


Fig. 1. — Isolateur type A (Hewlett).

relative à des essais effectués sur les lignes intercommunales de l'Ontario; les autres de M. Weicker, publiées dans son rapport au Congrès des Applications électriques de Turin, en 1911 (2).

Les expériences de M. Sothmann portèrent sur les cinq types d'isolateurs A, C, D, E, F (*fig.* 1 à 5). M. Seefehlner observe que sur ces cinq types d'isolateurs, quatre

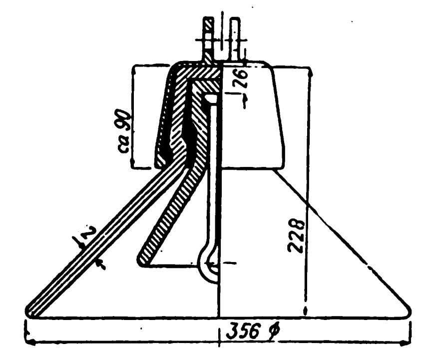


Fig. 2. — Isolateur type C (Locke Mfg Co).

sont des isolateurs à calotte, le type A seul étant à mailles. Or, ce dernier type est visiblement imparfait, ce qui explique que les résultats d'essais de M. Sothmann

(1) E.-E. Seefehlner, *Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXXI, 23 février 1913, p. 157-163.

(1) *Comparativ tests on high-tension suspension insulators* (*Proceedings*, t. XIII, 1912, p. 12). — *La Revue électrique*, 21 mars 1913, p. 273.

(2) *La Revue électrique*, t. XVI, 22 déc. 1911, p. 568.

semblent défavorables aux isolateurs à mailles. C'est, en particulier, pour cette dernière raison que M. Seefehlner a cru intéressant de joindre à ces résultats ceux d'essais qu'il a effectués sur les lignes de transport d'énergie du chemin de fer de Mittenwald et du chemin de fer Vienne-Presbourg. Ces derniers essais ont porté sur les types d'isolateurs G, H et J, c'est-à-dire sur les types les plus récents d'isolateurs à mailles. L'auteur résume ainsi les résultats de ces divers essais.

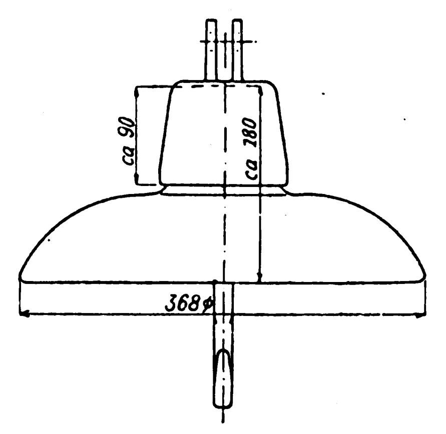


Fig. 3. — Isolateur type D (R. Thomas and Sons Co).

I. *Caractéristiques électriques.* — Pour tous les types d'isolateurs considérés la disrupture se produit à une tension de 130 à 135 kv. A ce point de vue le type à calotte ne semble donc pas montrer de supériorité sur le type à mailles.

La tension de perforation est environ triple ou quadruple de la tension de décharge superficielle, de sorte que les isolateurs considérés semblent plutôt trop largement dimensionnés à cet égard. Les conditions mécaniques conduisent déjà à des dimensions qui donnent les garanties nécessaires au point de vue électrique.

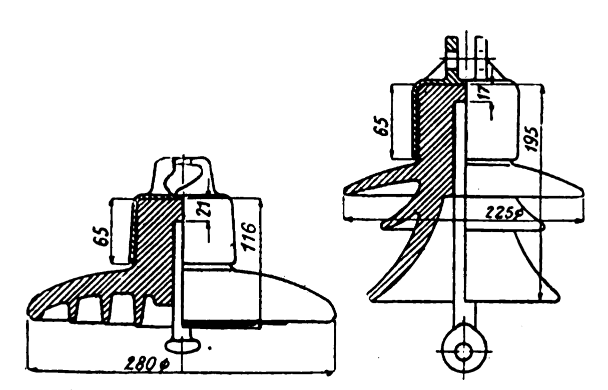


Fig. 4. — Isolateur type E (Ohio Brass Co et Hermsdorf).
Fig. 5. — Isolateur type F (Hermsdorf).

MM. Weicker et Sothmann arrivent à cette même conclusion qu'une lueur commence à se manifester sur les isolateurs à mailles pour une tension moindre que sur les isolateurs à calotte. Ces deux auteurs en concluent à la moindre valeur du type à mailles. Or, M. Seefehlner remarque que les expériences de ces auteurs n'ont porté que sur des isolateurs avec lesquels les tensions correspondant respectivement à l'apparition d'une lueur et à l'amorçage d'un arc étaient aussi voisines que possible. En outre, l'apparition d'une lueur dépend d'un si grand nombre de circonstances qu'il est difficilement possible de fixer exactement la valeur de la tension correspondante. Enfin, il y a lieu de se demander si l'on n'exagère pas parfois l'importance de l'apparition d'une lueur; en effet, on remarque souvent, avec les isolateurs à basse tension à plusieurs cloches, que des lueurs apparaissent

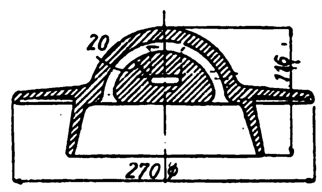


Fig. 6. — Isolateur type G (A. E. G., Union Elektrizitäts Gesellschaft et Porzellanfabrik Ph. Rosenthal und Co).

déjà pour des tensions relativement faibles aux places de scellement; parfois d'ailleurs ces lueurs disparaissent lorsque la tension augmente. La lueur est l'indice visible d'intensités de champ électrique élevées dans l'air environnant. Mais il ne faut nullement conclure du fait qu'on ne voit pas de lueur, qu'en un autre point, par

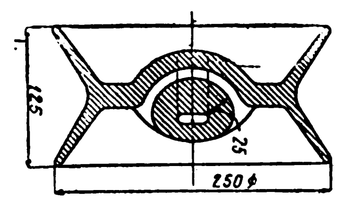


Fig. 7. — Isolateur type H (A. E. G., Union Elektrizitäts Gesellschaft et Porzellanfabrik Ph. Rosenthal und Co).

exemple à l'intérieur de l'isolateur, des efforts électriques égaux ou même plus élevés ne se produisent pas.

Par contre, en ce qui concerne la résistance à la perforation, les valeurs relevées aux essais ont montré qu'à cet égard aucune différence ne se manifeste entre les types à mailles et les types à calotte.

D'autre part, d'après ces essais, les tensions d'arc superficiel sont respectivement, pour les huit types essayés, les suivantes :

Types

A.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
A l'état sec (kilovolts).							
65-70	85	90	75-80	105	98	81	65
A l'état humide (kilovolts).							
32	53	56	37	60	46	45	47

Ces chiffres montrent qu'aucun des types d'isolateurs à calotte, essayés par M. Sothmann, n'est sensiblement

supérieur au plus mauvais type à mailles, c'est-à-dire au type A; par contre, les nouveaux types à mailles G, H et atteignent approximativement les valeurs des tensions d'amorcement des types à calotte C et D, En outre, si l'on tient compte des poids spécifiques des isolateurs, les types G, H et J paraissent même supérieurs aux types A à E; en effet, les poids par kilovolt de tension d'amorcement de ces divers isolateurs sont respectivement les suivants :

Types							
A.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
0,135	0,132	0,143	0,137	0,052	0,067	0,098	0,066

kilogramme par kilovolt.

Il y a lieu de remarquer, d'autre part, que les types C et D, dont les diamètres respectifs sont cependant de 356 mm et de 368 mm, n'accusent pas de plus grandes valeurs pour la tension d'amorcement que les types A, E, F, G et H, dont les diamètres ne sont cependant que de 225 mm à 270 mm. La conclusion à tirer de cette dernière constatation est qu'il faut répartir l'isolement entre un nombre déterminé d'unités, dont chacune ne doit pas avoir de trop grandes dimensions.

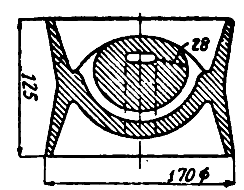


Fig. 8. — Isolateur type J (A. E. G., Union Elektrizitats Gesellschaft et Porzellanfabrik Ph. Rosenthal und Co).

En outre, dans les chiffres précédents, on n'a fait entrer en ligne de compte que les poids spécifiques bruts de la porcelaine; si l'on avait fait intervenir les poids des armatures, les chiffres eussent été encore plus défavorables aux isolateurs à calotte. En effet, le poids de l'armature de ce dernier type d'isolateur peut atteindre 70 pour 100 de poids net (dans le type F); par contre, avec les types G et J, le poids de l'armature ne représente que 12 à 15 pour 100 du poids de la matière active.

Il ne semble donc pas, d'après l'ensemble de ces résultats, que le type à mailles soit inférieur, au point de vue de la tension d'arc superficiel, au type à calotte. D'ailleurs, des conclusions nettement défavorables aux isolateurs à mailles ne pourraient s'appuyer que sur des essais effectués avec des types d'une construction rationnelle et non avec des types imparfaits, comme le type A.

M. Weicker considérait l'apparition d'une lueur, pour une tension relativement plus faible sur les isolateurs à mailles, comme nuisible et craignait qu'il ne s'ensuivit des réactions chimiques dans les canaux réservés au passage des attaches.

Or, la pratique des isolateurs à tige montre que l'apparition d'une lueur ne constitue pas un phénomène nuisible en lui-même. Quant aux canaux, qui constituent, il est vrai, des points faibles à cet égard, M. Seefhelner insiste sur ce point qu'ils doivent, après le montage des attaches, être remplis d'une matière neutre (ciment plomb, glycérine, mastic); les armatures sont ainsi protégées contre toute influence météorologique; d'autre part, par suite de l'absence d'air, aucune décomposition chimique ne peut se produire. Le choix de la matière destinée au remplissage des canaux est indifférent, étant donné que cette matière n'est soumise à aucun effort mécanique.

M. Seefehlner donne également les coefficients de sécurité au point de vue de la rigidité diélectrique des huit types d'isolateurs considérés.

Les isolateurs A à F, destinés à une installation de 110 kv étaient montés par cinq à sept en série; les isolateurs G à J étaient montés par trois en série pour une tension normale de 55 kv.

Les coefficients de sécurité au point de vue de l'arc superficiel et sous la pluie étaient les suivants :

Types							
A.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
1,45	2,36	2,54	2,37	2,7	2,8	2,7	2,8

D'autre part, étant donné que les types A à F étaient destinés à une installation triphasée, les types G à J étant destinés par contre à une installation monophasée, les coefficients de sécurité réels, soit entre deux conducteurs, soit contre la terre, étaient les suivants, par rap port à la tension d'essai :

Types							
A.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
2,5	3,9	4,4	4,1	4,65	5,6	5,4	5,6

On voit qu'à l'exception de ce qui concerne le type A, ces chiffres garantissent une sécurité d'exploitation suffisante; en effet, même en cas d'avarie à la moitié des isolateurs en un point de suspension, les coefficients de sécurité seraient encore supérieurs à 2; par conséquent, des perturbations de service ne sembleraient guère à craindre.

Les coefficients de sécurité obtenus se rapportaient à la tension partielle de l'un des trois à sept isolateurs d'une même chaîne. On voit donc que ces coefficients sont suffisants pour remédier à la diminution de la tension disruptive consécutive à l'augmentation du nombre des éléments (avec sept éléments cette diminution atteint 20 à 25 pour 100).

MM. Peek et Weicker ont établi que la tension se répartissait inégalement entre les isolateurs d'une série et ont déduit, en quelque sorte, de ce fait les limites de possibilité d'emploi des hautes tensions.

Pratiquement, ces surcharges des isolateurs extrêmes d'une chaîne ne peuvent devenir dangereuses que pour des tensions de 250 000 à 300 000 volts, lesquelles ne peuvent se produire qu'à l'état sec. A l'état humide, qui correspond à la réalité, ces différences se compensent presque entièrement, de sorte que, pour les tensions maxima employées en pratique et le nombre usuel de cinq à huit isolateurs, la limite de la tension d'amorcement des unités les plus exposées n'est pas atteinte.

De l'ensemble de ces considérations sur les propriétés électriques des isolateurs à suspension on peut déduire que les résultats d'essais montrent l'égale valeur, au point de vue électrique, des deux types considérés et

qu'il est possible, d'autre part, d'atteindre pratiquement un coefficient de sécurité de 4 à 5.

II. *Résistance mécanique.* — Les résultats des essais de M. Sothmann, exacts en eux-mêmes, ont conduit cet auteur à conclure que les isolateurs à calotte présentaient une plus grande résistance moyenne à la rupture mécanique que les isolateurs à mailles. Or, les résultats obtenus par M. Seefehlner avec les types G, H et J montrent qu'on peut atteindre, avec les isolateurs à mailles, de grandes résistances à la rupture pour un poids de matière relativement peu élevé, ainsi que l'indique le tableau suivant. Ce tableau donne les résultats d'essais effectués avec plusieurs isolateurs de chaque type; on y a indiqué, pour chacun de ces types, les valeurs minima et maxima constatées, ainsi que la moyenne de l'ensemble des mesures effectuées sur les divers échantillons.

Résistances à la rupture en kilogrammes.

Types							
A.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
Au minimum :							
non indiquée	4350	3530	2300	2410	3780	3720	8000
En pour 100 de la moyenne :							
»	68,5	73	66,5	74	89	88,5	99,5
En moyenne :							
4270	6350	4850	3460	3260	4257	4200	8040
Au maximum :							
non indiquée	7330	5700	4900	3940	4750	4630	8280
En pour 100 de la moyenne :							
»	115	117	141	121	111	110	103
Poids de l'isolateur par 1000 kg de charge de rupture moyenne :							
1,01	1,1	1,65	0,785	0,95	0,73	1,05	0,386

L'isolateur J, lequel supporte, pour le faible poids spécifique de 0,386 kg par 1000 kg d'effort de traction, une résistance à la rupture de 8000 kg environ, est particulièrement remarquable à cet égard.

D'autre part, les considérations suivantes montrent que les valeurs des résistances à la rupture indiquées ci-dessus sont largement suffisantes en pratique.

Si l'on suppose une section de fil de 70 mm^2 et une tension de 12 kg : mm^2 pour une portée de 200 m, la charge maxima des isolateurs à suspension sera de 280 kg, si l'on tient compte, en outre du poids du fil, de la composante verticale de l'effort de traction exercé par celui-ci. Par contre, un isolateur tendeur peut être soumis, lorsque la ligne fait un angle droit, à des efforts de 1000 kg environ. On voit donc que, dans tous les cas, les isolateurs essayés présentent un coefficient de sécurité mécanique de 8 à 10.

D'autre part, si l'on considère les écarts entre les valeurs moyennes et les valeurs extrêmes, on voit que cet écart est sensiblement plus grand avec les isolateurs à calotte qu'avec les isolateurs à mailles. En effet, avec le type E par exemple l'écart du minimum par rapport à la moyenne atteint 33,5 pour 100 et celui du maximum par rapport à cette même moyenne 41 pour 100. Ces variations relativement considérables indiquent qu'il s'agit d'un matériel essentiellement variable.

M. Seefehlner estime que ces variations doivent être attribuées à la matière employée pour les scellements des calottes et des tiges de boulon, ainsi qu'à la partie filetée de la porcelaine, laquelle doit supporter tout l'effort. Abstraction faite de ce que la matière de scellement ne devrait jamais être soumise à un effort de traction, il y a lieu de tenir compte des nombreuses circonstances de montage qui peuvent influencer les propriétés de cette matière.

D'autre part, la porcelaine elle-même supporte mal les efforts de traction, auxquels elle est exclusivement soumise dans les isolateurs à calotte. Par contre, avec les isolateurs à mailles, la porcelaine ne travaille qu'à la compression, c'est-à-dire dans des conditions plus rationnelles; c'est ce qui explique que pour les types G, H et J, les écarts des valeurs extrêmes par rapport aux valeurs moyennes atteignent à peine 12 pour 100.

En outre, même lorsqu'elle ne travaille qu'à la compression, la porcelaine ne doit pas être considérée comme une matière parfaite au point de vue mécanique. Or, il y a lieu de remarquer que la disposition même des isolateurs à mailles permet de remédier à une rupture de la porcelaine. La figure 9, qui représente cette disposition, montre, en effet, que si la porcelaine se rompt, les attaches métalliques restent enlacées et que le fil de la ligne ne peut ainsi tomber à terre. Il est vrai, que l'on a objecté à cela que, lors de la rupture d'un isolateur, il peut se produire un arc susceptible de détruire les attaches métalliques. Or, il n'est nullement prouvé

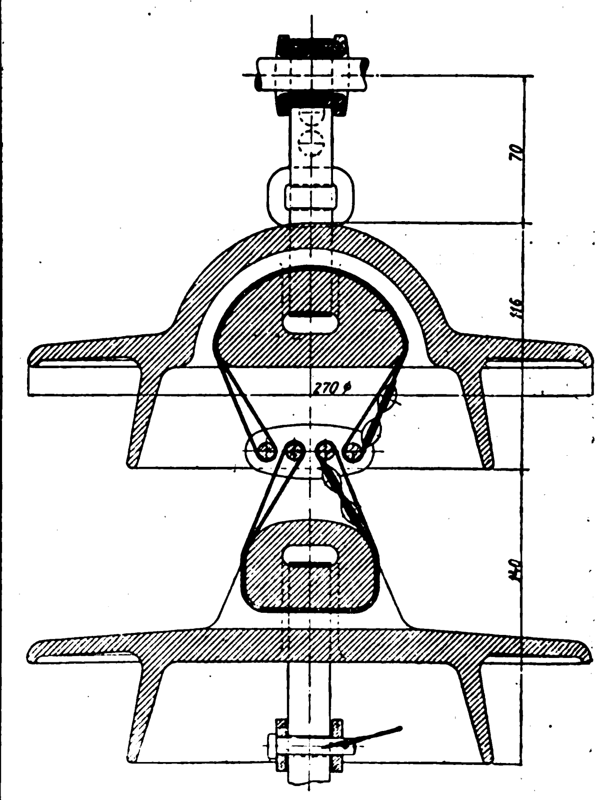


Fig. 9. — Dispositif d'attache de sûreté contre la rupture.



que, même en cas de rupture de plusieurs isolateurs, un arc puisse se former. D'autre part, une défaillance mécanique des attaches métalliques n'est pas à craindre, étant donnée la haute résistance à la rupture de celles-ci.

On a encore reproché au type à mailles les efforts que subissaient les canaux par suite des mouvements des câbles d'attache préalablement employés. Or, dans les types d'isolateurs récents, on a donné à la section des canaux une forme carrée à angles arrondis et employé, d'autre part, pour les attaches, des rubans d'acier de 20 mm de largeur. Ces rubans reposent par toute leur largeur sur le noyau de porcelaine et sont fixés, d'autre part, lors du montage, par la matière qui remplit les canaux. Enfin, ainsi que l'indique la figure 9, les rubans sont armés d'un balancier, de sorte qu'ils ne peuvent se déplacer dans le corps des isolateurs.

Ces considérations montrent que les arguments invoqués contre les isolateurs à mailles ne peuvent résister à la critique, lorsqu'on ne considère naturellement que des types irréprochables au point de vue de la construction.

D'autre part, il est certain qu'actuellement la forme en cloche des isolateurs à calotte peut être obtenue à la fabrication plus facilement et, par suite, plus économiquement que celle des isolateurs à mailles. Toutefois, les difficultés de fabrication de ce dernier type d'isolateur ne sont pas telles qu'elles ne puissent être économiquement surmontées avec succès; c'est ce que montre la fourniture des 15 000 isolateurs à 4 maillons, destinés aux installations du Mittenwald et de Vienne-Presbourg, laquelle n'a donné lieu à aucune difficulté (¹).

Les conclusions générales de l'auteur sont les suivantes : L'isolateur à calotte peut, à condition qu'il soit l'objet d'un montage soigné, trouver son emploi dans les installations où de grands efforts ne sont pas à craindre et où un défaut n'a pas une importance prépondérante. Toutefois, même dans les installations de ce genre, il sera recommandable de prêter une attention particulière à l'état des isolateurs, afin d'établir s'il ne se produit pas aux endroits des scellements de points faibles dans la fixation. Par contre, les isolateurs à mailles doivent être employés dans toutes les installations où l'importance de la sécurité d'exploitation est prépondérante, ainsi que partout où les conditions climatologiques et les accidents de terrain excluent la possibilité d'un contrôle permanent. Dans de telles installations, l'augmentation relativement faible des frais d'établissement devra être sacrifiée; d'ailleurs, il y a lieu de tenir compte à cet égard de ce que la disposition plus simple des poteaux aux angles de la ligne peut permettre, en évitant certaines difficultés éventuelles, d'adopter le tracé le plus économique. M. J.

CANALISATIONS.

Mise sous tension progressive des canalisations à longue distance pour haute tension (²).

L'expérience que l'on a acquise aujourd'hui, relativement à la mise sous courant des canalisations haute tension à longue distance, paraît conduire à la conclusion suivante : jusqu'à 10 000 volts la mise sous tension et la coupure de ces canalisations au moyen d'interrupteurs bien construits à rupture dans l'huile semble n'offrir aucune difficulté et n'exige pas l'emploi de dispositifs spéciaux pour mise en tension progressive. Ces appareils sont toutefois recommandables pour les très hautes tensions et pour toute tension en général supérieure à 10 000 volts.

La mise en circuit brusque d'une longue canalisation, et lors de l'emploi de très hautes tensions, peut produire des surtensions importantes et des à-coups considérables. Pour l'alimentation des lignes de traction principalement, la possibilité, après un déclenchement, de remettre progressivement la tension sur la ligne offre de gros avantages et évite par exemple de fermer brusquement, sous pleine tension, une canalisation dans laquelle s'est déclaré un court circuit.

La figure 1 représente un dispositif utilisable dans ce cas et qui a donné d'excellents résultats.

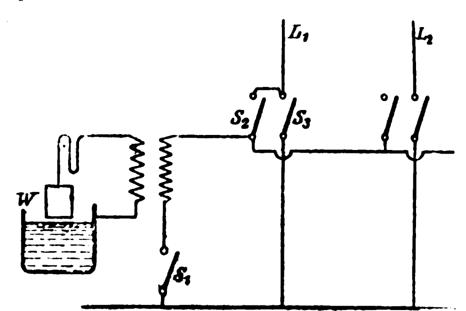


Fig. 1. — Dispositif pour la mise sous tension progressive d'un réseau de London Electric Supply Corporation.

Pour mettre sous tension la ligne L_1 par exemple, on ferme d'abord l'interrupteur S_1, qui réunit les barres omnibus principales aux barres omnibus auxiliaires par l'intermédiaire de l'enroulement haute tension du transformateur de mise en circuit T_1, puis l'interrupteur S_2; on court-circuite ensuite progressivement la résistance liquide placée aux bornes du circuit secondaire du transformateur de mise en circuit, et lorsque la canalisation est sous pleine tension on ferme l'interrupteur S_3, et l'on ouvre ensuite les interrupteurs S_1 et S_2. Le transformateur de démarrage peut alors servir pour une autre ligne et ainsi de suite.

Le procédé permet, en cas de mise à la terre ou de court circuit, d'éviter des à-coups nuisibles sur la station centrale et d'épargner les contacts des interrupteurs. On peut utiliser pour les barres auxiliaires de simples interrupteurs à commande à la main. E. P.

Câbles hautes tensions. Fabrication, propriétés et essais (¹).

Rappelons que ce sujet a fait l'objet déjà de nombreuses communications de la part de l'auteur; nous

(¹) *Voir* plus loin la photographie de ces isolateurs.

(²) *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIV, 27 février 1913; d'après *The Electrician*, t. LXIX, p. 734.

(¹) Leo Lichtenstein, Conférence faite à la Société des Électriciens de Dresde, le 4 mars 1913 (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIV, 1er mai 1913, p. 492-496).

12....



avons indiqué notamment les résultats des essais effectués sur le câble Dessau-Bitterfeld (*La Revue électrique* du 4 mai, p. 415). Aussi bornerons-nous à une analyse très rapide du présent article.

Fabrication et propriétés. — Le processus de la fabrication d'un câble pour courants forts est marqué par les étapes successives suivantes. Tout d'abord les conducteurs, qui sont constitués par un fil rond unique pour les petites sections et par un toron de fils de cuivre de forme circulaire ou elliptique pour les grandes sections, sont entourés de plusieurs couches de ruban de papier; puis ils sont câblés ensemble avec une corde de jute et recouverts d'une nouvelle couche de papier. L'âme ainsi réalisée est soigneusement desséchée, imprégnée et enfermée dans une enveloppe de plomb sur laquelle on applique une double armure en feuillard de fer ou une simple armure en fils de fer. Sur le tout on bobine une couche de jute imprégné qui est lui-même protégé par un enduit à la chaux.

Les limites d'emploi des câbles sont actuellement, d'après l'auteur : 40 000 volts pour les câbles à trois âmes triphasés, 70 000 ou même 80 000 volts pour les câbles simples transmettant des courants monophasés; et, en effet, les ateliers Siemens-Schuckert ont déjà installé 80 km de câbles triphasés pour 20 000 volts dans le sud de l'Afrique et une ligne de 60 km de longueur fonctionne depuis quelque temps déjà aux environs de Berlin. Enfin nous rappellerons que le réseau monophasé à 60 000 volts de Dessau-Bitterfeld n'a encore donné lieu à aucun incident sérieux bien qu'il comprenne 18 km de câbles fournis par deux maisons différentes.

Il est plus difficile de fixer une limite à la tension de disrupture qui dépend, comme on sait, de nombreux facteurs et notamment de la durée de l'application. La rigidité diélectrique est plus grande si l'on pousse rapidement la tension jusqu'à la disrupture que si l'on procède par bonds de 2000 ou 5000 volts toutes les 5 minutes. Les mêmes particularités se manifestent aux manchons de raccordement et aux garnitures d'extrémités. L'enroulement sur un mandrin, qui constitue une épreuve souvent exigée à la recette, diminue aussi la rigidité surtout quand le diamètre du mandrin est relativement petit.

Pour se faire une idée du coefficient de sécurité que peuvent présenter des câbles modernes pour courants forts, l'auteur cite l'expérience suivante : un câble de 600 m de longueur, type K. B. A. 3 × 95 mm², avec une épaisseur d'isolant de 13 mm entre conducteurs d'une part et, d'autre part, entre conducteurs et plomb, a résisté 18 minutes à une tension de 220 000 volts, à la fréquence de 50 p : s; une autre fois, on lui a appliqué 270 000 volts pendant 1 minute et 330 000 volts pendant quelques secondes sans provoquer de disrupture. Comme ce câble est normalement fabriqué pour une tension de 30 000 volts, on voit qu'on peut tabler sur un coefficient de sécurité au moins égal à 7. D'un transformateur fonctionnant à la même tension de 30 000 volts, on exige un coefficient de sécurité bien plus faible, et l'on est ainsi amené à se demander si un pareil luxe de précautions est vraiment justifié, et s'il ne serait pas possible de réduire les frais de fabrication en diminuant l'épaisseur de l'isolant.

Tant que nous ne disposerons pas de résultats expérimentaux s'échelonnant sur une longue période d'exploitation pour des câbles torsadés de 30 000 à 40 000 volts, l'auteur n'est pas d'avis d'affaiblir la couche isolante; il estime qu'un essai de disrupture à haute tension est nécessaire à l'atelier pour différentes raisons. Tout d'abord il est possible que le câble ait à souffrir pendant la pose, soit pour avoir été soumis à des flexions exagérées, soit par l'effet du froid, soit par toute autre cause. Ensuite, il faut tenir compte de l'influence du temps qui paraît en l'espèce le facteur prépondérant. De nombreuses statistiques ont bien confirmé qu'après 20 années de fonctionnement ces câbles ne présentaient encore aucune trace de vieillissement, mais le contraire se serait probablement produit si on les avait soumis à une contrainte électrique trop élevée. Pour le moment donc il faut s'en tenir à l'épaisseur de 15 à 16 mm, adoptée par les principales fabriques, pour l'isolant des câbles torsadés triples de 40 000 volts.

Pour compléter ces indications générales, nous rappellerons que les manchons de raccordement et les terminus doivent offrir les mêmes garanties de rigidité diélectrique que le corps du câble, s'ils ont été soigneusement confectionnés : ce travail ne sera confié qu'à un personnel expérimenté. Pour les dérivations, l'auteur prohibe rigoureusement les raccords en T; il leur préfère un type de manchon d'où les deux brins s'échappent presque parallèlement et qui se rapproche ainsi des manchons de raccordement ordinaires. Deux appareils de ce genre, construits dans les ateliers de Siemens-Schuckert pour une tension normale de 25 000 volts, ont supporté plusieurs épreuves à 200 000 volts pendant 30 minutes.

Essais. — Après avoir rappelé les exigences des règlements anglais et français qui imposent une tension trois fois plus grande que la tension normale pour les essais à l'usine et deux fois plus grande pour les essais après pose, alors que les prescriptions allemandes correspondantes sont 2 et 1,25 fois la tension normale, l'auteur émet l'avis que les épreuves après pose donneront une garantie suffisante si on les réalise à une tension 1,5 fois supérieure à la tension normale, et si, de plus, on emploie du courant alternatif. Mais l'usage de ce dernier entraîne une complication de matériel qui, pour une puissance apparente de 200 KV-A et 60 000 volts et une fréquence de 50 p : s, atteint le respectable poids de 22,6 tonnes et si, toutes choses égales d'ailleurs, la tension est élevée de 60 000 à 80 000 volts, le poids s'accroît dans la proportion de 1,8, soit environ 40 tonnes. C'est pourquoi, l'auteur est franchement partisan des essais en courant continu, surtout depuis l'invention de l'appareil de Delon qui permet de réaliser des tensions très élevées sous le minimum d'encombrement; pour avoir le même coefficient qu'en courant alternatif, il suffit de prendre une tension continue trois fois supérieure à la tension alternative. L'efficacité des essais en courant continu est confirmée par le résultat suivant. Deux câbles triphasés parallèles, type K. B. A. 3 × 30 mm² pour 18 000 volts et de 12,5 km de longueur chacun, avaient été soumis à l'usine, pendant 1 heure, à une tension alternative de 36 000 volts et, pendant 5 minutes, à une tension de 54 000 volts; après pose on leur appliqua 70 000 volts continus. On



constata sur l'un des câbles un claquage au manchon d'extrémité; après réparation, il put supporter sans accident l'essai à 70 000 volts. Sur l'autre câble, des claquages se manifestèrent en trois points très voisins. L'inspection du tronçon endommagé révéla l'existence d'un défaut d'imprégnation aux endroits précisément où s'étaient produites les disruptures. Il est fort probable que ces défauts subsistaient déjà au moment de l'essai à l'usine en courant alternatif et qu'ils ont dû s'exagérer dans les différentes manipulations de la pose. Quoi qu'il en soit, cet exemple fait ressortir l'utilité de l'essai en courant continu sur le câble installé.

Les ateliers Siemens-Schuckert, de Berlin, étudient en ce moment un appareil dérivé du même principe que celui de Delon; sa puissance sera de 15 kw, et il permettra de réaliser des tensions de 300 000 volts. Rappelons que si E représente la tension alternative; la tension continue est égale à $2\sqrt{2}\,E$; des mesures précises ont confirmé l'exactitude de cette formule. L'appareil de Siemens-Schuckert comprend six balais montés sur isolateurs en accordéon.

Remarque. — L'emploi de câbles souterrains pour l'exploitation électrique des lignes de chemins de fer va recevoir une extension importante en Italie.

La maison Pirelli et C°, de Milan, va poser un câble triple, torsadé, de $3 \times 40\ \text{mm}^2$ de section de cuivre et construit pour 25 000 volts. Ce câble aura 70 km de longueur, avec une armature en fer, et est destiné à la ligne Milan-Lecco. La même maison a reçu encore, de l'administration des Chemins de fer de l'État, la commande d'un câble triple, torsadé, $3 \times 50\ \text{mm}^2$ de section de cuivre, pour 27 500 volts, et une longueur de 50 km. Ce dernier câble desservira la ligne auxiliaire des Giovi, de Ronco à Sampierdarena; il sera essayé à l'usine à 80 000 volts et, après pose, à 65 000 volts.

B. K.

Un nouveau pylône pour canalisation haute tension (1).

Pour les installations triphasées dont la tension dépasse 30 000 volts et pour lesquelles on emploie maintenant des chaînes d'isolateurs, on a utilisé jusqu'ici les mêmes pylônes que pour les anciens isolateurs à supports droits. Dans ces pylônes, on dispose deux canalisations sur l'un des côtés, le troisième fil sur le côté opposé.

Le nouveau pylône décrit est disposé de manière que les trois chaînes d'isolateurs soient placées symétriquement par rapport à l'axe du pylône, aux trois sommets d'un triangle équilatéral; le sommet du triangle étant dirigé vers le haut du pylône, le conducteur supérieur se trouve donc au sommet du mât, les deux autres sont placés en dessous à égale distance de l'axe du pylône.

Pour permettre cette disposition le pylône se termine par un étrier en forme d'archet qui entoure complètement le conducteur supérieur et sert en même temps de support aux deux conducteurs inférieurs. L'aspect de ce

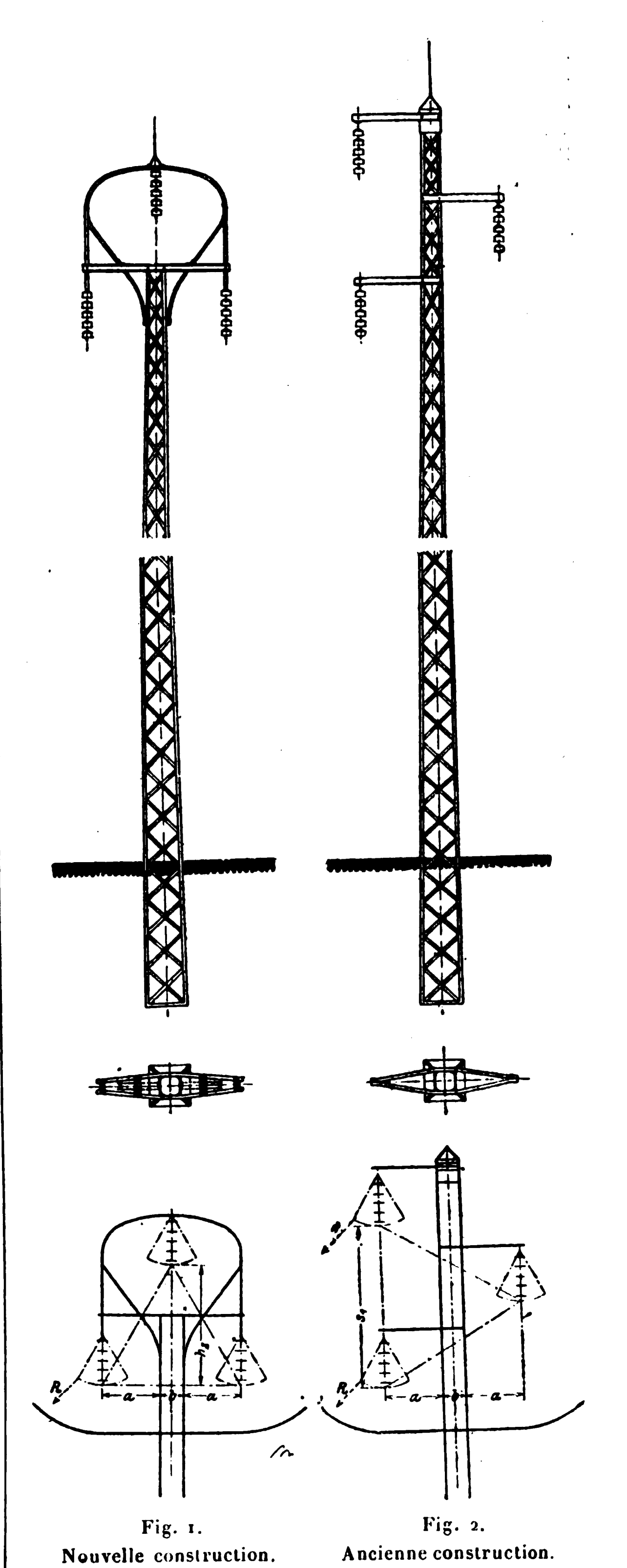


Fig. 1. Nouvelle construction.

Fig. 2. Ancienne construction.

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIV, 24 avril 1913, p. 470. Ce pylône est construit par la Firme Breest et C°, de Berlin.



pylône est beaucoup plus esthétique que celui des types qu'on utilisait autrefois, de plus le nouveau système de suspension réalise une grande amélioration dans la construction de la tête du pylône. La distance respective des conducteurs est déterminée principalement par l'écartement minimum à admettre entre chaque conducteur et la masse métallique en tenant compte des déplacements pendulaires extrêmes des conducteurs et que ceux-ci forment un triangle équilatéral.

Considérons les figures 1 et 2. Pour la figure 2 la hauteur du triangle ayant les points d'attache des conducteurs aux chaînes d'isolateurs comme sommets est

$$a + b + a = 2a + b;$$

si l'on appelle s_1 le côté du triangle équilatéral formé, on a

$$s_1^2 = h_1^2 + \frac{s_1^2}{4} \qquad \text{ou} \qquad \frac{3}{4}s_1^2 = h_1^2,$$

d'où

$$s_1^2 = \frac{4}{3}h_1^2 = \frac{4}{3}(2a + b)^2,$$

d'où

$$s_1 = \frac{2(2a + b)}{\sqrt{3}}.$$

Dans la figure 1, on a

$$s_2 = a + b + a = 2a + b;$$

$$h_2^2 = s_2^2 - \frac{s_2^2}{4} = \frac{3}{4}s_2^2,$$

d'où

$$h_2 = \frac{\sqrt{3}\,s_2}{2} = \frac{\sqrt{3}(2a + b)}{2};$$

on déduit de là que

$$\frac{h_2}{s_1} = \frac{\dfrac{\sqrt{3}(2a + b)}{2}}{\dfrac{2(2a + b)}{\sqrt{3}}} = \frac{3}{4}.$$

Si, par exemple pour une tension de 100 000 volts, la distance entre deux conducteurs comporte 3000 mm dans le cas du nouveau pylone, ce qui correspond à une hauteur de $\frac{\sqrt{3} \times 3000}{2} = 2598$ mm; il faudra pour remplir les mêmes conditions avec l'ancienne construction une distance verticale entre conducteurs de 3464 mm, ce qui correspond à une augmentation de hauteur du mât de 866 mm : ceci joint à la répartition égale des charges sur le sommet du pylône conduit à une économie remarquable sur l'ensemble des matériaux de construction de ce dernier.

De plus, cette disposition permet d'installer des étriers de sécurité efficaces qui ne détruisent pas complètement l'esthétique du pylône. Le système d'étrier unique utilisé avec l'ancienne construction n'offrait aucune sécurité relativement à la chute des câbles; en effet pour les sections de 25 mm² à 50 mm² couramment employées, la résultante du poids propre et de l'action maxima du vent fait avec l'horizontale un angle plus petit que 45° (*voir* les figures 1 et 2); il s'ensuit qu'avec l'ancien système la chute du fil supérieur seule est arrêtée par l'étrier. Si l'on voulait rendre cette disposition efficace pour les trois fils, il faudrait installer trois étriers spéciaux correspondant à chacun des fils, ce qui rendrait le sommet du pylône très disgracieux. La disposition symétrique nouvelle permet de n'employer qu'un seul étrier pour les deux conducteurs inférieurs, l'archet central servant déjà d'étrier protecteur pour le fil supérieur. Le reproche que l'on fait généralement à la disposition symétrique, d'exposer plus particulièrement le fil supérieur aux coups de foudre, n'a pas de valeur avec la nouvelle construction, parce que la boucle métallique qui embrasse le conducteur supérieur forme une protection efficace contre les coups de foudre directs; on n'a plus besoin avec ce système de pylône de disposer un câble d'acier spécial au sommet pour protéger contre la foudre. Pour garder la manière actuelle d'opérer pour la pose du fil, qui consiste à dérouler le fil d'abord sur le sol puis à le fixer ensuite surl es isolateurs, on ménage dans la boucle supérieure une ouverture qui est ensuite fermée lorsque le fil est passé à l'intérieur de cette boucle.

E. P.

APPAREILLAGE.

Appareil de fixation pour interrupteurs, prises de courant, etc.

Sous le nom de *Mixofix*, A. et M. Schlieper, Remscheid-Vieringhausen, viennent de lancer sur le marché un dispositif qui permet de fixer solidement et facilement les interrupteurs aux murs quelle que soit la nature de ceux-ci.

Ce dispositif, que représente la figure ci-dessous, se com-

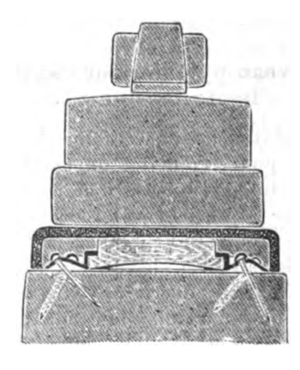


Fig. 1. — Appareil de fixation pour interrupteurs.

pose d'un socle annulaire en métal dans lequel est maintenue une rondelle en bois. La fixation du socle se fait très aisément au moyen de fines pointes d'acier enfoncées obliquement les unes par rapport aux autres. L'interrupteur est vissé sur la rondelle de bois en même temps qu'un chapeau métallique.

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

Installation des conducteurs haute tension pour la traction électrique (1).

La traction des trains, en utilisant directement le courant monophasé haute tension, s'est beaucoup développée dans ces dix dernières années et la tension du fil de travail s'est élevée de 3000 à 15 000 volts; on a même fait des essais à 20 000 volts. Cette tension de 15 000 volts qui a été adoptée dans un grand nombre d'installations suffit pour le moment à tous les besoins; elle permet de réduire au minimum le nombre des sous-stations et des points d'alimentation et d'employer pour les conducteurs la section minimum compatible avec les exigences de la résistance mécanique.

Les différentes installations existantes diffèrent beaucoup entre elles généralement; il existe pourtant déjà, malgré la nouveauté de problème, certains points essentiels qu'on respecte dans toutes ces installations. Le danger plus grand en cas de rupture, à cause de la haute tension et les vitesses de trafic toujours plus élevées, ont conduit à établir les lignes de prise de courant avec beaucoup de précautions.

La solution qui consiste à établir la ligne en fil de cuivre librement tendu en employant des portées de 40 m, ne présente pas une grande sécurité contre les ruptures, et le fil de cuivre est lui-même une matière possédant un assez bas coefficient de rupture. Aussi a-t-on adopté, dans presque toutes les installations actuelles de traction en courant monophasé haute tension, le système dit à *suspensions multiples*. Le fil de contact est suspendu tous les 3 m ou 5 m à un fil ou à un câble d'acier tendu en admettant une flèche relativement grande. Ce système présente une grande sécurité à la rupture, parce qu'il se compose d'une substance à grand coefficient de rupture et qu'il est toujours possible, en calculant convenablement la flèche, de faire travailler le fil d'acier dans des limites admissibles.

Les premières canalisations aériennes installées en utilisant ce système possédaient un triple isolement. Le fil porteur était suspendu (ligne Spindlersfelder, 1903), au moyen d'isolateurs, sur des traverses soutenues par deux cloches en porcelaine munies de capuchons métalliques et de supports droits en caoutchouc durci, de sorte que l'effort principal de la suspension se portait sur ces supports.

On a vite renoncé à cette disposition et la canalisation de la ligne Stubaithal fut équipée uniquement avec des isolants en porcelaine, à l'exclusion de tout isolant en ébonite. Cette ligne a donné d'excellents résultats, alors que par exemple la ligne Hamburg-Blankenese-Ohlsdorf équipée avec des isolants en caoutchouc durci a donné lieu à de forts ennuis, parce que cet isolant ne résiste pas superficiellement aux intempéries et que, de plus, il est trop cassant.

L'augmentation progressive de la tension a naturellement exigé une amélioration de l'isolement aux points de suspension et l'on a été conduit dans cet ordre d'idées à admettre d'aussi grandes portées que possible, de façon à réduire au minimum les points de suspension et à contre-balancer les frais supplémentaires d'isolement et d'installation par la diminution des pylônes et des supports. On admet actuellement d'une façon courante des portées de 100 m.

Le mode de suspension du fil doit remplir de nombreuses conditions. Il doit offrir toute sécurité contre la rupture, permettre un bon isolement à l'installation, un bon contact avec les prises de courant, ce qui exige que l'ensemble de la suspension soit souple et permette au fil de contact de rester parallèle à l'axe de la voie, pour toutes les conditions climatériques de la région où cette ligne est établie. La suspension caténaire simple ne répond pas parfaitement bien à cette dernière condition, pour des vitesses supérieures à 45 km à l'heure.

Pour une température déterminée, il est possible de tendre le fil à peu près en ligne droite en négligeant les faibles flèches entre deux points de suspension. Mais lorsque la température s'élève, les dilatations dans les portées peuvent déterminer, étant donné la grandeur de ces dernières, des angles aigus aux points de suspension qui occasionnent des ruptures de courant.

On a essayé de bien des manières d'obvier à cet inconvénient; les différents systèmes employés se ramènent à deux types principaux :

1° Ceux qui permettent de retendre automatiquement le fil porteur;

2° Ceux qui permettent de retendre automatiquement le fil de contact et de supprimer les ondulations dans ce dernier.

Ni l'un ni l'autre de ces systèmes ne permettent du reste de maintenir dans une position fixe une installation donnée; pour arriver à ce résultat, il faudrait continuellement agir à la fois sur le fil porteur et sur le fil porté.

Les installations de ce genre effectuées par la maison Siemens-Schuckert à Hamburg, au Lötschberg, Mariazell, Vacz Godollo, etc., correspondent au deuxième type.

Ces installations exigent trois fils (*fig.* 1) :

1° Le câble porteur principal en acier ou en bronze au silicium;

2° Les pendules verticaux;

3° Le câble porteur auxiliaire.

Le fil de contact est suspendu à ce dernier au moyen de cavaliers qui peuvent glisser sur lui dans le sens de la longueur; le fil est tendu à l'aide de contrepoids. Le câble porteur principal est interrompu à chaque pylône et relié à un système d'isolateurs à double isolement.

12.....

(1) F. Seefehlner, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIV, 6 et 20 février 1913, p. 137-141.



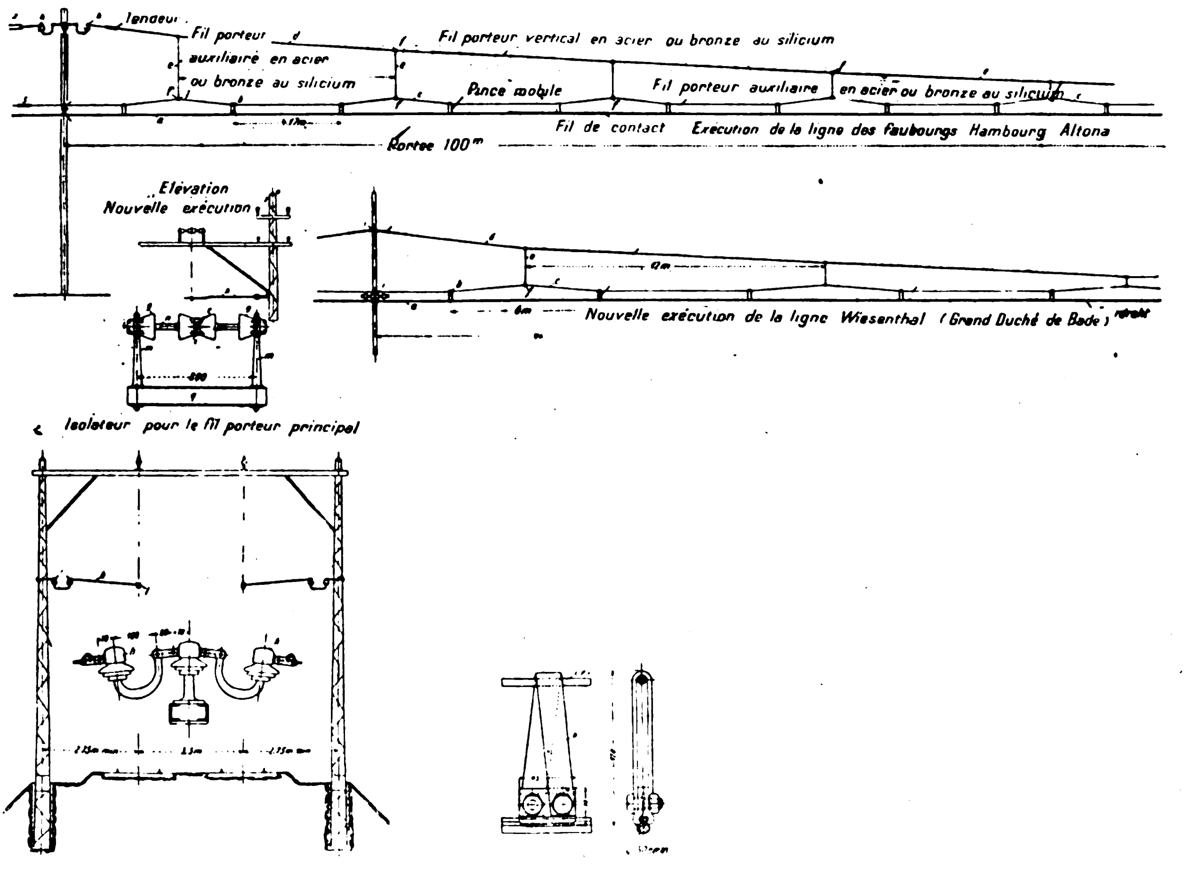


Fig. 1. — Suspensions multiples du fil de contact, système Siemens-Schuckert.

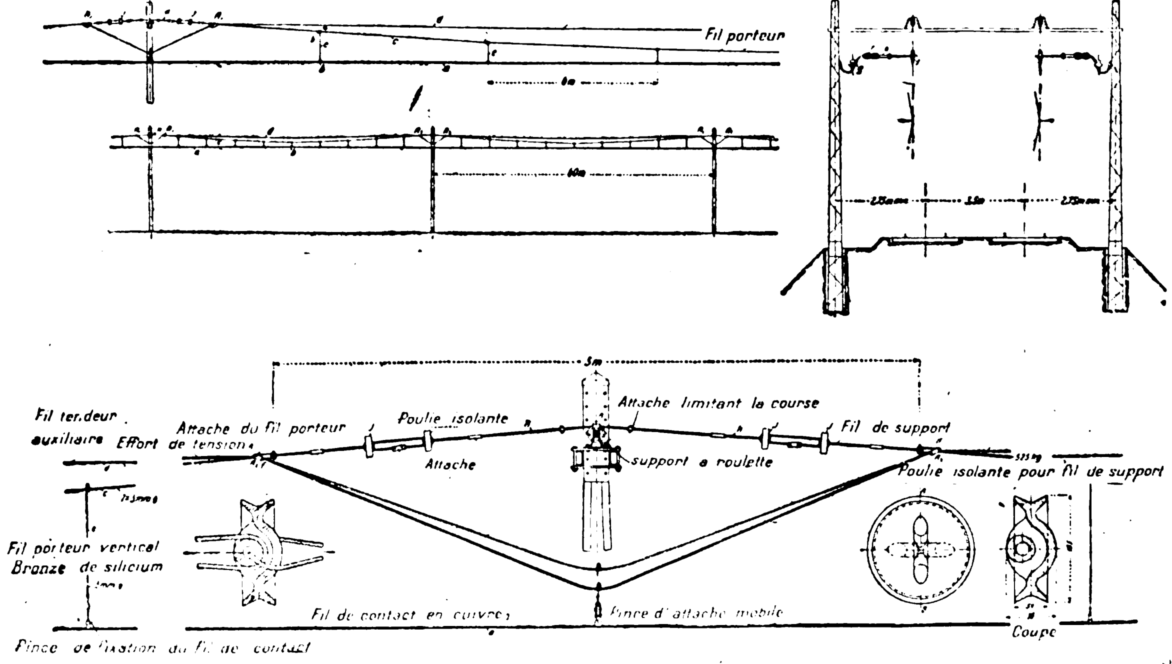


Fig. 2 et 3. — Fil de contact pour grandes lignes de traction. Ancien dispositif de l'A. E. G.

La compensation automatique appliquée de cette façon n'a qu'une valeur très relative si la ligne présente des courbes nombreuses et brusques à cause des frottements importants dans l'ensemble; en outre, ce système n'offre pas une sécurité entière contre la rupture.

A ce système se rattache également le procédé de suspension caténaire Bergmann dans lequel on fixe, au fil porteur principal dans chaque portée, plusieurs étriers d'où partent plusieurs fils porteurs secondaires qui peuvent se déplacer dans le sens de la longueur. La ligne Scharnitz-Garmisch-Patentkirchen a été équipée de la sorte par la maison Bergmann; il est à noter qu'on n'a pas employé dans ce cas les isolateurs ordinaires, mais des isolateurs en accordéon du type Diabolo (*fig.* 1).

Cette suspension offre toute sécurité contre les ruptures, mais elle présente des inconvénients pour l'établissement des courbes et exige une mise en place très soignée.

L'A. E. G. a, la première, fait l'application d'isolateurs à maillons dans l'établissement des lignes de traction.

Dans la ligne primitive Bitterfeld-Raguhn établie par l'A. E. G. on agissait sur le fil porteur seul au moyen d'un fil de tension auxiliaire; dans les nouvelles installations de ce type on agit à la fois sur le fil porteur et le fil de contact (*fig.* 2 et 3). Les isolateurs à maillons utilisés dans ces installations par l'A. E. G. sont représentés par la figure 4.

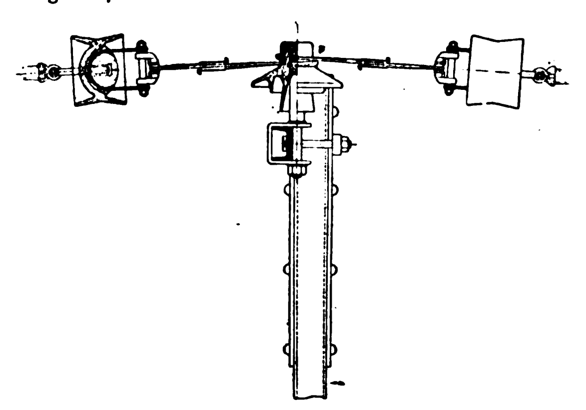


Fig. 4. — Support du fil porteur avec ses isolateurs tendeurs.

La figure 5 donne la disposition adoptée pour la ligne du Mittenwald. La tension d'alimentation est de 15 000 volts, les portées sont de 80 m. L'isolement est constitué par un isolateur à support droit auquel sont suspendus deux isolateurs tendeurs du type à chaînons qui retiennent le câble porteur principal. L'isolateur à support droit résiste sous la pluie à 36 000 volts avant qu'apparaissent les premières effluves; il est fait en une seule pièce. Les isolateurs tendeurs pèsent 2,8 kg et peuvent supporter une tension de 36 000 volts sous une pluie de 5 mm avant l'apparition des premières effluves. La tension d'essai est de 50 000 volts. La hauteur de cet isolateur est de 120 mm, le plus grand diamètre de 170 mm.

Les isolateurs tendeurs sont munis d'un étrier en acier galvanisé terminé par un joint à genouillère qui permet à l'isolateur de suivre tous les déplacements du fil porteur, sans occasionner un mouvement de l'attache.

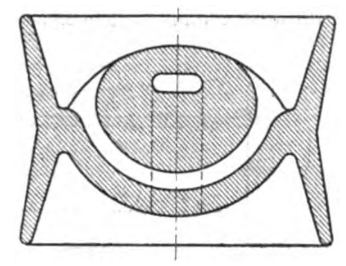


Fig. 5. — Isolateur tendeur
(A. E. G. Union Electricität Gesellschaft).

La tension du câble porteur s'exerce naturellement dans la direction des armatures des isolateurs et la porcelaine ne travaille qu'à la compression. Les canaux des isolateurs pour le passage des attaches sont remplis de matière isolante, ce qui empêche l'eau et les poussières d'y pénétrer. On évite ainsi tout dommage, surtout pendant les temps de gelée. Cette suspension offre une grande sécurité; elle est très facile à utiliser dans chaque cas, et il est simple d'augmenter si l'on veut l'isolement en ajoutant par exemple un isolateur tendeur.

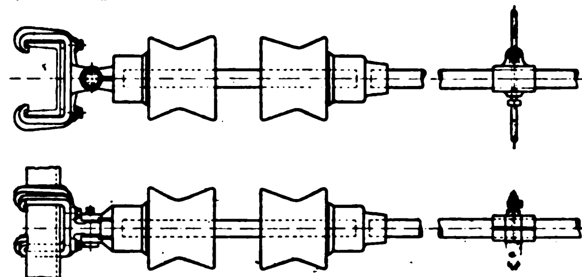


Fig. 6. — Pince de support avec ses isolateurs pour le fil de contact.

Pour supporter le fil de contact on utilise le système simple de la figure 6, et pour maintenir ce dernier dans le plan vertical des fils porteurs auxiliaires celui de la figure 7.

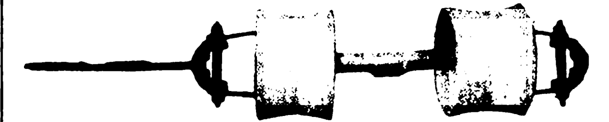


Fig. 7. — Isolateurs latéraux.

La compensation automatique des contractions et dilatations qui est nécessaire lorsqu'on utilise de grandes vitesses a été réalisée dans une partie de la ligne Vienne-Presburg de la façon suivante :

Les dilatations différentes, lors d'une élévation de température du câble porteur et du fil de contact, produisent un déplacement relatif des points de l'un par rapport à l'autre; il en résulte une déformation de l'ensemble de la suspension qui serait très défavorable si

les fils verticaux de suspension s'opposaient à ce déplacement relatif.

Pour obvier à cet inconvénient, les pendules porteurs verticaux sont disposés comme dans la figure 8. Les deux extrémités de l'un de ces fils sont fixées au câble porteur principal et l'on suspend librement à cette sorte de boucle la suspension du fil de contact.

Les déplacements relatifs de ce dernier et du fil porteur

Fig. 8. — Suspension caténaire avec compensation automatique, système A. E. G., ligne de Vienne-Presbourg.

sont alors possibles dans tous les cas sans inconvénient, les points du fil de contact se déplaçant sur un arc d'ellipse par rapport aux deux points de suspension sur le fil porteur.

La variation de hauteur de l'ensemble ne comporte sur la ligne de Vienne à Presburg que 40 mm au maxi-

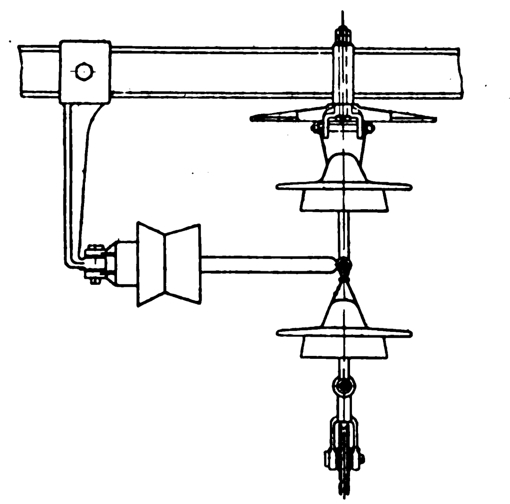


Fig. 9. — Suspension du câble porteur pour compenser automatiquement la tension du fil de contact.

mum, ce qui a peu d'importance, cette variation se répartissant sur une longueur totale de 1000 m.

La compensation automatique et les grandes portées qui peuvent atteindre jusqu'à 100 m en ligne droite exigent des précautions spéciales pour l'établissement du système de suspension.

Le fil porteur est suspendu sur des roulettes à gorge de 175 mm de diamètre. Chaque roulette est portée par deux isolateurs du type à chaînons fixés à une potence, ou, lorsqu'il s'agit de parcours à plusieurs voies, sur des portiques placés au-dessus de ces dernières.

La figure 9 représente une suspension de ce genre.

Le taquet latéral sert à limiter le désaxement du fil dans les courbes.

Le système connu sous le nom de *suspension Westinghouse*, et qui s'est beaucoup répandu dans les lignes monophasées, est une suspension caténaire sans compensation automatique.

Dans la ligne de New-York New-Haven et Hartford on a placé des tendeurs à vis sur les deux fils porteurs correspondant à chaque fil de contact. A chaque point de support des fils porteurs ne se trouve qu'un seul élément isolant.

Une particularité de cette installation : on dispose en dessous du fil de cuivre un fil d'acier sur lequel vient frotter la prise de courant, le fil de cuivre ne servant que de conducteur d'amenée, et n'étant par conséquent soumis à aucun effet mécanique direct (*fig.* 10).

Le système Fischer-Jellinek (*fig.* 11) est assez sem-

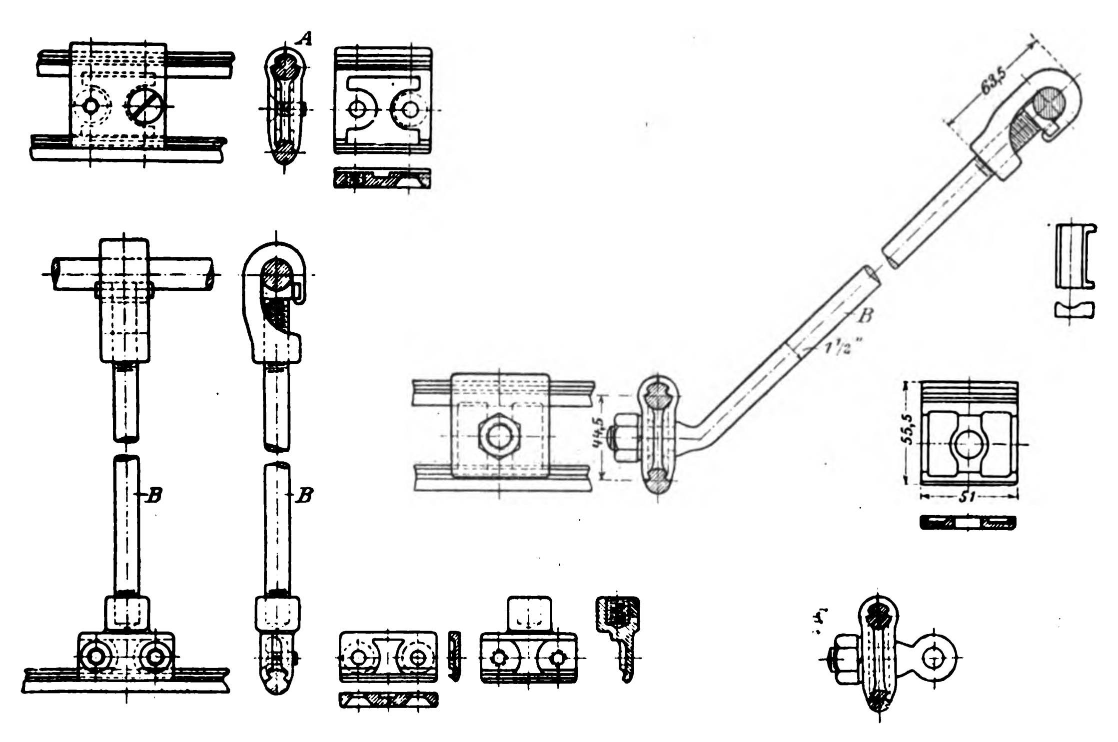


Fig. 10. — Détails de la canalisation aérienne New-York New-Haven et Hartford, système Westinghouse.

blable au système Siemens. Les variations de longueur du fil de contact sont seules compensées, le fil auxiliaire est supprimé. Les fils de suspension sont disposés en forme de trapèze; les extrémités supérieures sont fixées définitivement au fil porteur; les extrémités inférieures à une mâchoire parallèle au fil de contact et dans laquelle

ce dernier peut se déplacer dans le sens de la longueur.

Le fil de contact dans ce système souffre d'une part

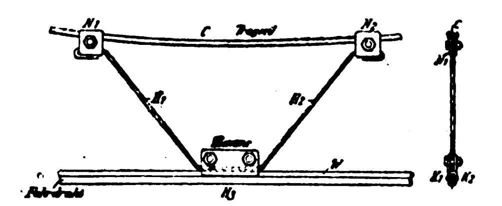


Fig. 11. — Suspension système Fischer-Jellinek.

des frottements dus à la prise de courant et d'autre part de ceux dus aux mâchoires; il faut de plus que l'ensemble ait un coefficient propre de frottement suffisamment élevé pour ne permettre un déplacement du fil de contact que sous des efforts considérables.

Enfin les variations de la flèche du fil porteur ne sont pas compensées, ce qui offre de très gros inconvénients lorsqu'on veut utiliser des vitesses de trafic élevées.

A la question de la suspension des fils de contact pour les lignes de traction se rattache celle de l'installation des lignes d'alimentation pour les sous-stations et cette dernière demande aussi de sérieuses précautions, principalement au point de vue de l'isolement.

Les tensions maximum utilisées directement avec les fils de contact ne conduisent actuellement à aucune difficulté au point de vue de l'isolement, tandis que les tensions employées pour alimenter les sous-stations à grandes distances varient généralement entre 50 000 et 100 000 volts, et l'isolement des lignes dans ces conditions demande des précautions beaucoup plus grandes.

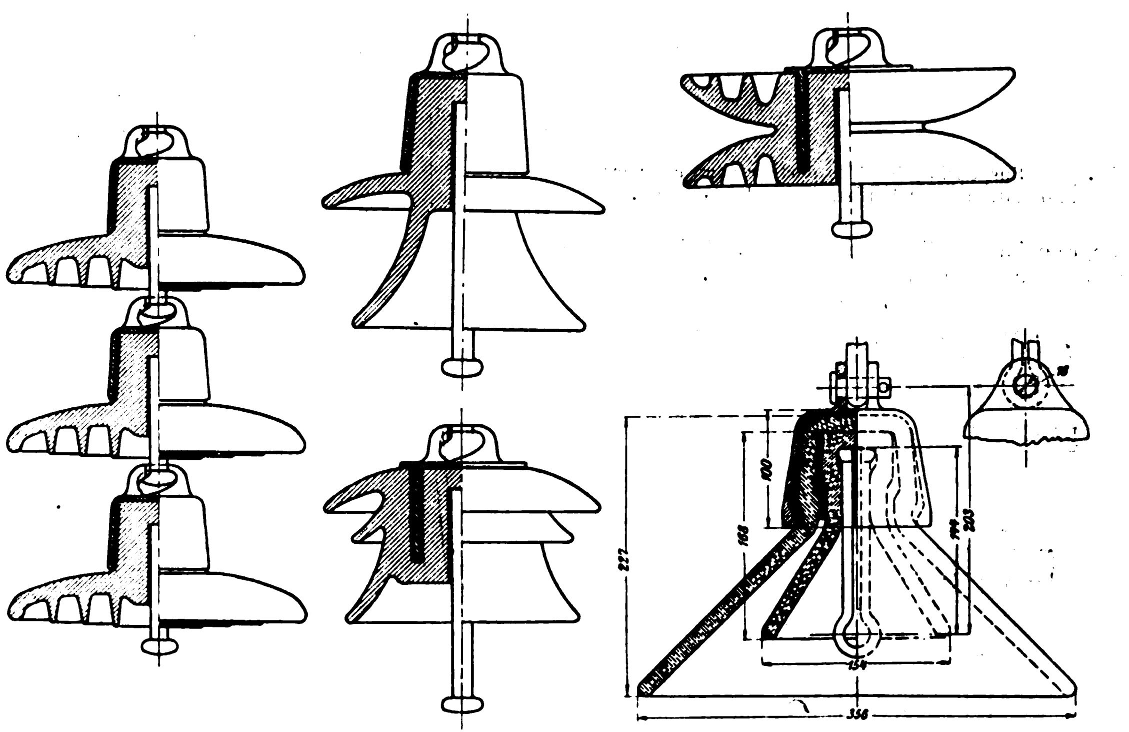


Fig. 12. — Isolateurs de suspension à chapeaux avec boulons scellés.

Il est bien évident qu'un des désavantages principaux de la traction électrique sur la traction à vapeur est de ne pas rendre les trains indépendants de la source d'énergie; il faut donc s'efforcer d'obtenir des installations d'une sécurité absolue pour compenser ce défaut.

Il ne serait pas logique par exemple de fixer tous ses efforts pour améliorer le système de suspension et la solidité des supports et de négliger le point essentiel des isolateurs, au point d'occasionner un trouble sérieux dans l'exploitation par la rupture d'un seul d'entre eux. On est conduit tout naturellement, pour éviter cet inconvénient, à sectionner autant que possible les isolants et à employer des chaînes d'isolateurs en traction comme les Américains l'ont fait pour les lignes à haute tension. Il faut toutefois reconnaître que la construction de ces isolateurs est plus délicate en traction à cause de la grande résistance mécanique qu'ils doivent présenter pour résister utilement aux ébranlements et aux secousses continuelles produites sur les lignes.

Les isolateurs de suspension de la figure 12, par exemple, ne répondent pas bien à la question, parce que la porcelaine et le scellement travailleront trop, avec ces types, au cisaillement et à la traction.

Les isolateurs représentés par la figure 13 sont les types utilisés par l'A. E. G. Union Electricitäts-Gesellschaft dans l'installation de la ligne du Mittenwald pour la tension de 50 000 volts.

Ce sont des isolateurs à chaînons dont la calotte supérieure épouse une forme favorable permettant de protéger le corps de l'isolateur contre la pluie. Les dimensions des isolateurs à chaînes de la figure 13 dans le sens de la longueur ne sont guère plus considérables que celles qu'aurait un isolateur à support droit pour même tension.

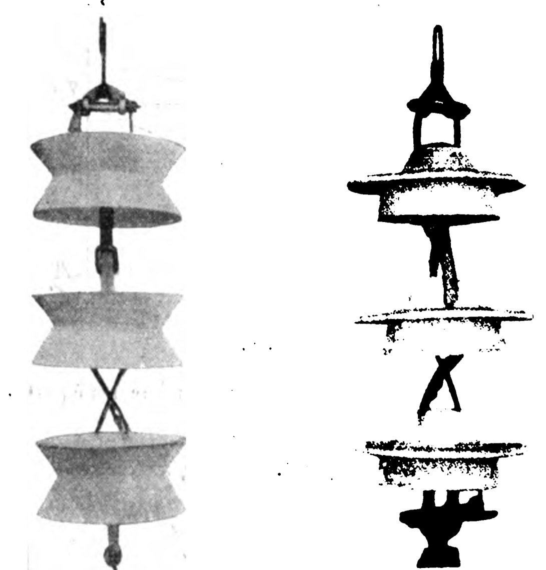


Fig. 13. — Chaîne d'isolateurs (A. E. G.). Canalisation 50000 volts Mittenwald.

Il est incontestable qu'au point de vue sécurité du fonctionnement les isolateurs à chaînes offrent tout avantage sur les isolateurs à supports droits, mais, par contre, ils exigent des hauteurs de pylônes plus considérables que ces derniers pour obtenir une même hauteur de suspension des fils et, partant, une augmentation du prix de l'installation. E. P.

Influence de la température extérieure sur la résistance des trains au mouvement.

Les essais faits jusqu'ici en vue de déterminer la résistance des trains ont été exécutés dans des conditions telles qu'ils ne tenaient pas compte de la température des coussinets. Or cette température influe nécessairement sur la fluidité du lubrifiant, et comme la température d'équilibre des coussinets dépend forcément de la température ambiante, celle-ci doit avoir une influence sur la résistance au mouvement.

Récemment M. E.-C. Schmidt et F.-W. Marquis, de l'Université de l'Illinois, ont fait divers essais en vue de mettre en évidence cette influence [1] qui leur était apparue en essayant de comparer les résultats de divers essais antérieurs : alors que les résultats qu'ils avaient obtenus en été pour l'effort de traction spécifique concordaient à peu près, ceux qu'ils trouvèrent en hiver dans des conditions atmosphériques comparables et pour le même état du rail étaient de 25 à 65 pour 100 supérieurs aux précédents.

Dans leurs nouveaux essais ils opérèrent sur un seul et même itinéraire, la température ambiante étant comprise entre — 1° et + 5°,5 C., la vitesse variant de 11 à 36 km : h. Le calcul de l'effort de traction spécifique (exprimé en livres par tonne anglaise) donnait néanmoins, pour une même vitesse, des nombres assez différents, bien que la température extérieure ne différât pas beaucoup.

Mais comme la température des coussinets ne dépend pas seulement de la température extérieure, mais encore du temps plus ou moins long pendant lequel le frottement contre le coussinet s'est effectué, les expérimentateurs eurent l'idée de représenter graphiquement l'effort de traction spécifique pour une même vitesse (15 miles à l'heure) en fonction de l'espace parcouru. Ils trouvèrent que les points se trouvaient très sensiblement sur une courbe se rapprochant régulièrement de l'axe des espaces jusqu'à une valeur de cet espace parcouru égale à 35 miles, puis se confondant avec une droite parallèle à cet axe. En d'autres termes, l'effort de traction spécifique diminue à mesure que l'espace parcouru augmente et tend vers une limite qui est pratiquement atteinte, dans les conditions des essais, la température ambiante étant comprise entre — 1° et + 5°,5, quand la distance parcourue est de 35 miles (56 km environ). Traçant le même graphique pour d'autres valeurs de la vitesse, ils trouvèrent pour toutes ces valeurs des courbes de même allure.

Appliquant la même méthode d'examen aux résultats qu'ils avaient trouvés en été, MM. Schmidt et Marquis arrivèrent à la même conclusion : que l'effort de traction spécifique pour une même vitesse tend vers une limite quand la distance parcourue croît.

Conformément à ce qu'on pouvait prévoir d'après les considérations qui précèdent, l'effort de traction en été est notablement inférieur à ce qu'il est en hiver; de plus il varie moins avec la vitesse et avec la distance parcourue. Ces constatations font ressortir la nécessité surtout en hiver, de ne faire de mesures qu'après avoir fait parcourir au véhicule un trajet suffisamment long.

La même méthode a été employée pour représenter les faits qui se passent lors d'arrêts, de longue ou de courte durée, pendant lesquels, en temps de gelée par exemple, le lubrifiant des boîtes à graisse a le temps ou non de se remettre en équilibre de température avec l'extérieur. Alors qu'en ne tenant pas compte de la distance parcourue depuis le départ ou l'arrêt on obtenait pour l'effort de traction des valeurs paraissant désordonnées, on trouvait, en représentant graphiquement cet effort en fonction de la distance parcourue, que les points se rangeaient nettement suivant des courbes descendantes à partir de chaque arrêt.

(1) La description de ces essais a été publiée dans le *Bulletin* n° 59 de l'Université de l'Illinois; un résumé en a été donné dans *Engineering* du 13 janvier 1913, ainsi que dans la *Revue de Mécanique* du 31 mars 1913.

MESURES ET ESSAIS.

MESURES ÉLECTRIQUES.

Détermination graphique des longueurs d'ondes en fonction de la capacité et de la self-induction (1).

Introduction. — La période d'oscillation T d'un circuit comprenant une self-inductance L et une capacité C est donnée par la relation.

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad \text{(unités C. G. S.).}$$

Si l'on substitue à la période T la longueur d'onde λ, on a

$$\frac{\lambda}{V} = 2\pi\sqrt{LC}$$

ou

$$\lambda = 2\pi\sqrt{L(CV^2)};$$

or CV^2 représente la valeur de la capacité en unités électrostatiques; on peut donc écrire

$$(1) \qquad \lambda = \frac{2\pi}{100}\sqrt{LC},$$

où λ sera exprimé en mètres, L en centimètres (C.G.S.) et C en unités électrostatiques (cm).

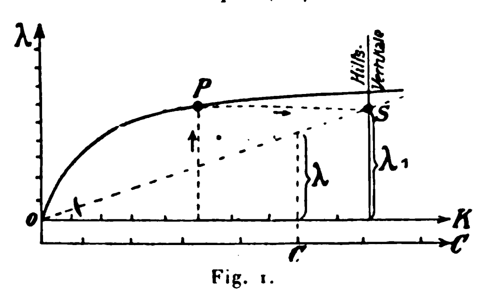


Fig. 1.

Cette équation est celle d'une surface courbe, dans un système de coordonnées où L et C seraient deux variables indépendantes et λ une fonction de celles-ci. Les méthodes de mesures sont toutes basées sur l'emploi de sections parallèles aux plans λ, C ou λ, L, des coordonnées ce qui revient à faire

$$L = \text{const.} \qquad \text{ou} \qquad C = \text{const.}$$

Ainsi dans certains ondemètres, l'inductance varie par échelons et la capacité, continûment (appareils de Dönitz et Hahnemann) ou bien dans d'autres, c'est l'inductance qui varie progressivement, tandis que la capacité procède par sauts; mais dans les deux cas les intersections sont toujours des paraboles; on a des hyperboles pour les sections parallèles à $L - C$ ou λ = const. Il nous reste à considérer les sections obtenues par les plans perpendiculaires à $L - C$, et passant par l'axe des λ; les courbes

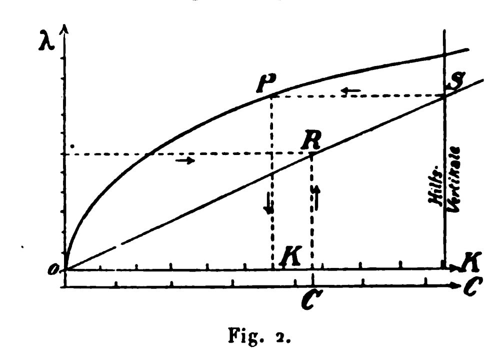


Fig. 2.

d'intersection sont alors déterminées par les équations

$$L = kC,$$

$$\lambda = 2\pi\sqrt{kC.C} = 2\pi\sqrt{k}\,C,$$

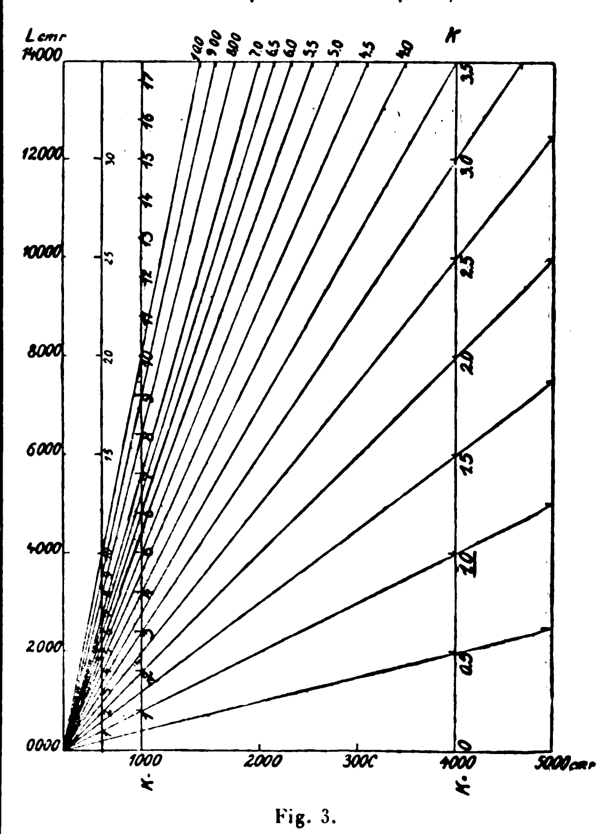


Fig. 3.

où k est une constante qui prend une valeur différente pour chaque section. Les intersections sont des droites

(1) Aage S.-M. Sörensen, *Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie*, t. VI, n° 5, 1913, p. 429-435.

passant par l'origine. O. Scheller a fondé sur cette propriété un ondemètre à amortissement constant. Nous allons l'utiliser pour la représentation graphique des variations de la longueur d'onde, dans un système de coordonnées planes.

Explication. — On pourrait réaliser le procédé en donnant à k un certain nombre de valeurs arbitraires et en construisant les droites ayant λ et C, ou λ et L pour coordonnées, droites qui seraient déterminées dès que l'on en connaîtrait un point, puisqu'elles passent toutes par l'origine; mais si nombreux que serait le réseau des droites tracées, il faudrait toujours recourir à une interpolation pour les valeurs intermédiaires de k. Cette imperfection de la méthode a été corrigée grâce à un procédé graphique qui donne immédiatement la droite correspondant à une valeur quelconque de k.

Le système de coordonnées étant choisi de telle façon que les ordonnées représentent les longueurs d'ondes en mètres, et les abscisses les capacités en centimètres (*fig.* 1), on a

$$\lambda = \frac{2\pi\sqrt{k}\,C}{100}.$$

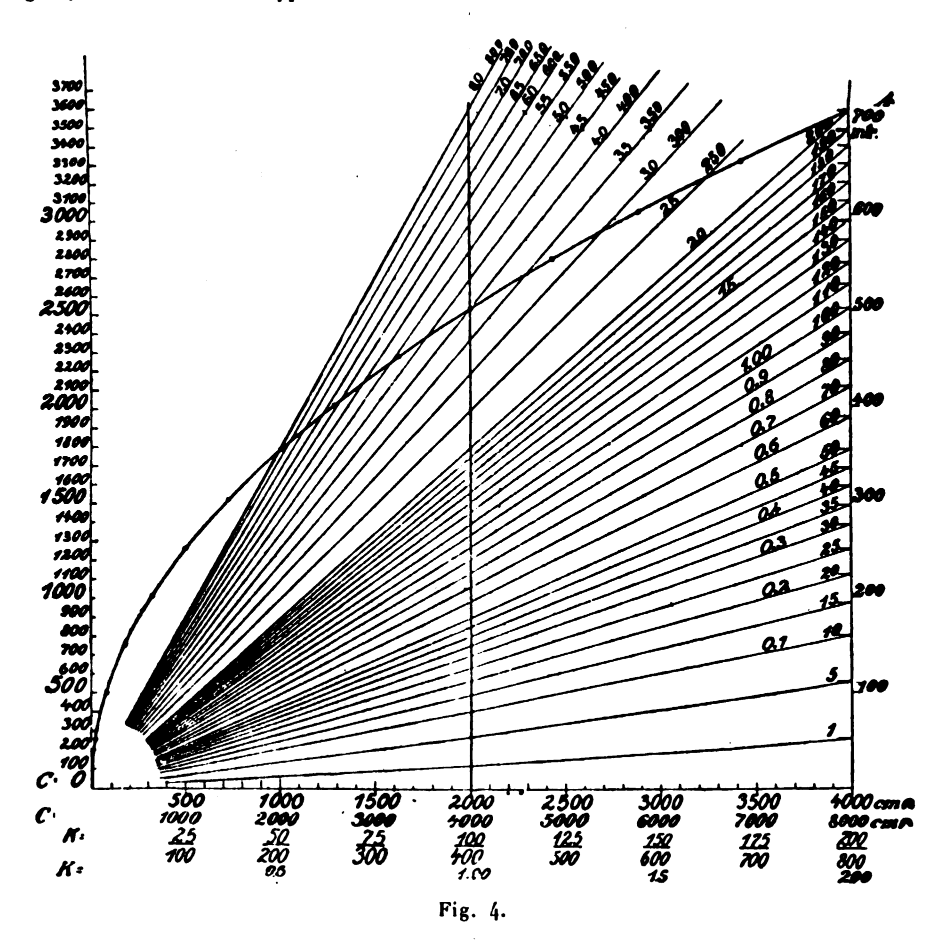


Fig. 4.

Donnons à C une valeur arbitraire, 4000 par exemple; comme k est aussi connu, nous avons immédiatement un point de coordonnées

$$\lambda = \frac{2\pi\sqrt{k}\times 4000}{100}, \qquad C = 4000,$$

$$\lambda = 80\pi\sqrt{k}, \qquad C = 4000;$$

la droite est donc parfaitement définie.

La verticale $C - 4000 = 0$ constitue une verticale auxiliaire que toutes les droites couperont à une hauteur $80\pi\sqrt{k}$ au-dessus de l'axe des abscisses. Posons

$$a = 80\pi \qquad \text{et} \qquad \lambda = a\sqrt{k};$$

cette dernière équation est celle d'une parabole que nous tracerons sur le système d'axes de coordonnées de la figure 1. On voit immédiatement que l'ordonnée d'un point P de cette courbe, pour une certaine valeur de k, est précisément égale à la hauteur du point d'intersection S de la verticale auxiliaire avec la droite passant par l'origine, qui correspond à cette valeur de k. Le diagramme n'aura donc besoin de ne comprendre que cette parabole avec une double échelle pour les abscisses k et C, et une échelle simple pour les ordonnées λ.

Applications. — 1° L et C sont connus; on en déduit k, puis le point correspondant P de la parabole par lequel on mène une parallèle à OC jusqu'à sa rencontre en S

avec la verticale auxiliaire. OS est la droite cherchée; en déterminant l'ordonnée correspondant à C donnée, on aura λ en mètres.

2° λ et C sont connus; par suite la droite passant par l'origine est déterminée par le point R de coordonnées λ et C (*fig.* 2). Pour avoir k dont la connaissance est nécessaire pour calculer L, on prolonge la droite ci-dessus jusqu'à sa rencontre avec la verticale auxiliaire en S; par S, on mène, à l'axe des abscisses, une parallèle qu'on prolonge jusqu'à son intersection en P avec la parabole; la perpendiculaire abaissée de P sur OK donne finalement k.

3° On peut, dans les deux cas traités ci-dessus, remplacer C par L; les constructions correspondantes n'offrent aucune difficulté.

Emploi du diagramme. — Il découle immédiatement des explications ci-dessus. Il y a un grand intérêt à tracer la parabole sur du papier millimétrique et à faire les lectures en se servant d'une règle. On peut d'ailleurs étendre ou restreindre à volonté les limites d'emploi du diagramme par un changement convenable des coordonnées. L'équation $\lambda = \frac{2\pi}{100} C\sqrt{k}$ montre que, si l'on multiplie λ et C par un même facteur, la valeur de k ne change pas; par conséquent les échelles des longueurs d'onde et des capacités peuvent être augmentées ou diminuées dans une proportion arbitraire.

Quand on transforme l'échelle de λ sans toucher à celle de C, il faut alors que k soit affecté proportionnellement au carré de ce rapport de transformation. En particulier 2 et 10 constituent des facteurs de réduction très pratiques.

On peut changer l'échelle de k sans altérer celles des autres grandeurs. En effet, dans l'équation de la parabole $\lambda = 2\pi\alpha\sqrt{k}$, obtenue en prenant pour verticale auxiliaire $C = \alpha$, remplaçons k par $\beta^2 k_1$, et au lieu de $C = \alpha$ comme droite auxiliaire, prenons $C = \frac{\alpha}{\beta}$, il viendra

$$\lambda = 2\pi\frac{\alpha}{\beta}\sqrt{k_1^2 b^2} = 2\pi\alpha\sqrt{k_1}.$$

La parabole ne change pas, bien que nous ayons réduit l'échelle de k dans le rapport b^2.

Construction de la parabole. — On élève la verticale auxiliaire et l'on calcule une ordonnée de la parabole en prenant $k = 100$, et pour C la valeur correspondant à la verticale auxiliaire; alors les ordonnées que l'on obtient en faisant successivement $k = 1, 4, 9, 16$, etc. sont les $\frac{1}{10}, \frac{2}{10}, \frac{3}{10}, \frac{4}{10}$, etc. de l'ordonnée calculée. La construction de la parabole est facilitée par la connaissance des tangentes, dont on détermine immédiatement un deuxième point en menant par l'extrémité de l'ordonnée une droite qui découpe sur la tangente au sommet une longueur égale à la moitié de cette ordonnée.

Représentation graphique de la relation $L = kC$. — Le rapport k entre la self-induction et la capacité s'obtient en divisant L par C; ou si k et C sont donnés, on détermine L en faisant le produit kC. Mais il est aussi facile d'instituer une méthode graphique analogue à la précédente, mais qui se simplifie dans le cas actuel, car les grandeurs entrant toutes avec l'exposant 1 dans la relation $L = kC$, la courbe auxiliaire se réduit à une droite au lieu d'être une parabole. Le diagramme de la figure 3 est un diagramme construit suivant ce principe; il donne k quand on connaît L et C; ou L, quand on connaît k et C; ou C, quand on connaît k et L. Pour avoir ensuite la longueur d'onde correspondant, on utilise le diagramme de la figure 4, dont l'auteur a choisi l'échelle de façon à comprendre toutes les longueurs d'onde utilisées en radiotélégraphie pour toutes les combinaisons possibles de self-inductions et de capacités. B. K.

Photographies instantanées avec le tube de Braun (¹).

En décrivant l'oscillographe à lueur négative de Gehrcke (²), nous disions que le tube de Braun pourrait aussi bien servir à photographier les oscillations de haute fréquence, si l'on arrivait à rendre la tache fluorescente plus lumineuse. Bien que ne visant pas à l'enregistrement de phénomènes aussi rapides, le dispositif du professeur J. Zenneck, de Dantzig, combiné à un tube de Braun, est apte à rendre de grands services au moins dans les limites d'emploi des oscillographes industriels et mérite par conséquent d'être signalé.

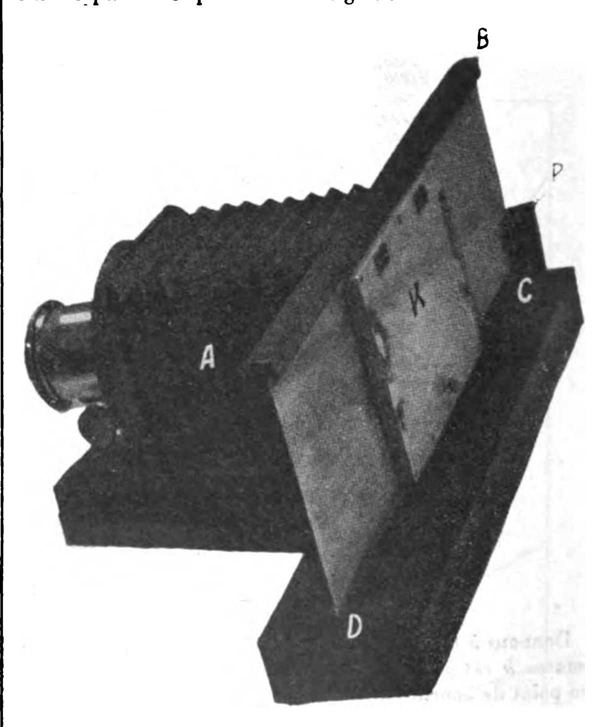


Fig. 1. — Appareil J. Zenneck pour la photographie des oscillations électriques à l'aide d'un tube de Braun.

En principe, il s'agit de prendre une photographie sur une plaque qui se déplace dans une direction nor-

(¹) J. ZENNECK, *Physikalische Zeitschrift*, t. XIV, 15 mars 1913, p. 226-229.

(²) *La Revue électrique*, t. XV, 26 mai 1911, p. 484.

male à la déviation de la tache. L'appareil photographique est représenté en figure 1. Il est tout entier en métal, ainsi que le châssis K. La figure 2 est un dessin

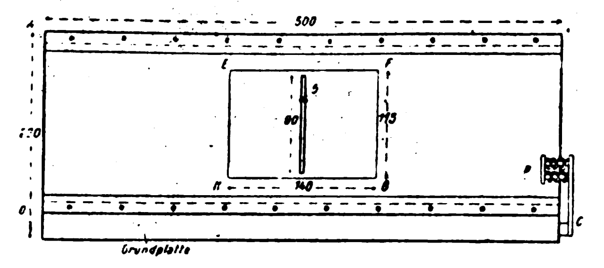


Fig. 2. — Dessin coté du cadre dans lequel coulisse le châssis.

coté du cadre dans lequel coulisse le châssis; celui-ci reçoit des plaques 9 × 12 ou 9 × 14. La partie EFGH est amovible, ce qui permet de transformer rapidement l'appareil en un appareil photographique ordinaire. Le système optique est constitué par un objectif de projection de Rathenower, modèle W, distance focale 107 mm et diaphragme f : 2,1. Son prix est de 50 fr. Tel quel, il est largement suffisant pour le travail en question.

L'entraînement du châssis se ait par une corde qui s'enroule sur une poulie R (*fig.* 3). Sur l'autre extrémité

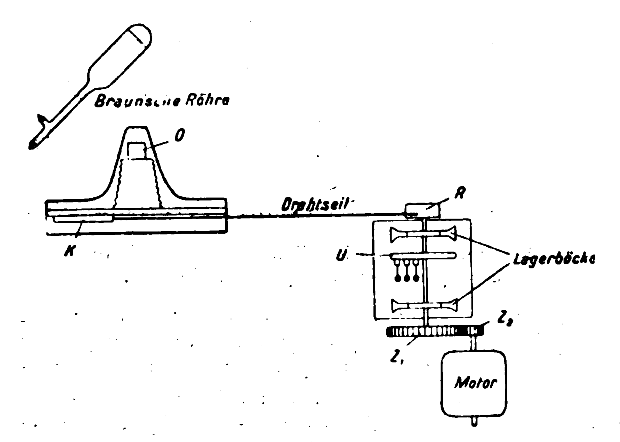


Fig. 3. — Détails du dispositif d'entraînement du châssis.

de l'axe qui porte la poulie, est calée une roue dentée Z_1, de 190 mm de diamètre et ayant 92 dents; elle engrène avec le pignon Z_2 d'un moteur électrique qui a 24 mm de diamètre et 12 dents. La vitesse de déplacement du châssis doit être très régulière, afin que les courbes relevées soient la reproduction exacte du mouvement instantané de la tache sur l'écran; elle doit être encore assez grande pour donner une décomposition suffisante des courbes. Avec une vitesse de 1 m par seconde et un courant alternatif de 50 p : s, une période correspond à $\frac{100}{50} = 2$ cm. Le moteur électrique aura une puissance d'au moins 0,5 cheval et tournera au plus à 1650 t : m; enfin, on choisira des roues Z_1 et Z_2 ayant un rapport de réduction convenable.

Naturellement le moteur doit démarrer sans à-coup, et le pignon se débrayer automatiquement aussitôt que la plaque a effectué son parcours. On réalise ces conditions de la manière suivante : sur la photographie de la figure 4,

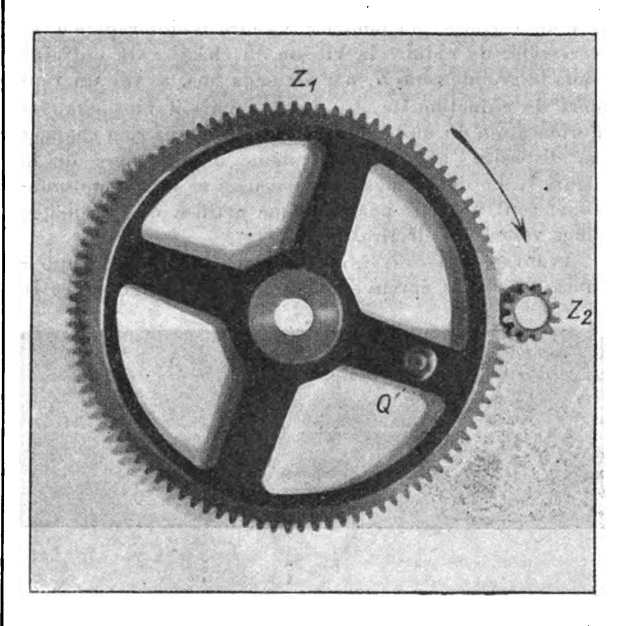


Fig. 4. — Photographie des engrenages.

on voit que la grande roue Z_1 est dépourvue de dents sur une partie de sa périphérie; au repos le pignon Z_2 se trouve toujours en face de ce vide. Pour tirer une épreuve, on met le moteur en route, puis à la main, on lance doucement Z_1 et les deux roues engrènent sans secousse. Quand Z_1 a fait un tour complet, les deux engrenages se retrouvent de nouveau dans la situation représentée

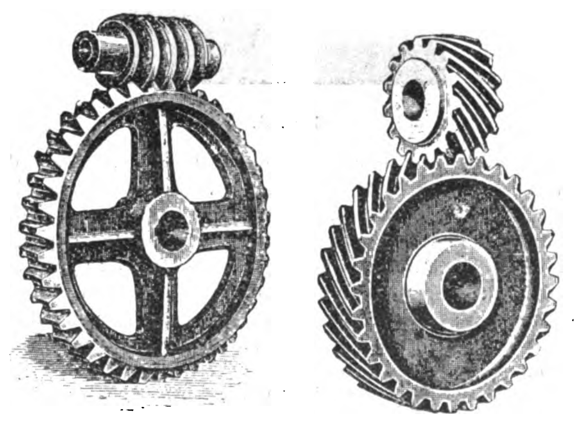


Fig. 5 et 6. — Autres systèmes d'engrenages avec un facteur de réduction $\frac{1}{96}$.

en figure 4 et, pour que Z_1 n'attaque pas une deuxième fois le pignon en vertu de la vitesse acquise, une butée Q l'arrête dans la susdite position; une autre butée P

(*fig.* 1) empêche le châssis de sortir de sa coulisse. Remarquons que les chocs contre les butées sont d'ailleurs très amortis à cause du frottement du châssis et du dispositif d'entraînement.

Pour certains phénomènes d'allure moins rapide il est nécessaire de réduire la vitesse du châssis. On entraîne alors la grande roue Z_1 par vis sans fins, ayant un rapport de réduction de $\frac{1}{90}$ (*fig.* 5), mais il faut changer l'orientation du moteur; on peut alors, sans rien changer au dispositif, adopter le système d'engrenages de la figure 6. Le démarrage sans secousse et l'arrêt automatique sont obtenus par le même artifice que celui que nous venons de décrire.

Avant de parler du tube lui-même, montrons quelques-unes des belles épreuves obtenues par l'auteur avec ce

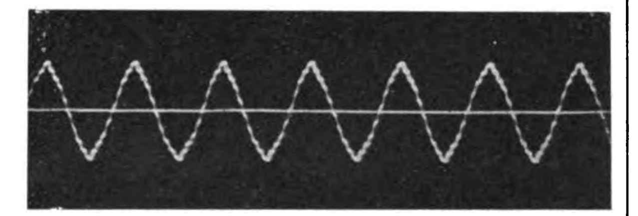


Fig. 7.

dispositif. Les figures 7 et 8 sont les courbes du courant de l'alternateur de l'Institut de Dantzig, débitant d'abord sur une résistance ohmique, puis sur un condensateur

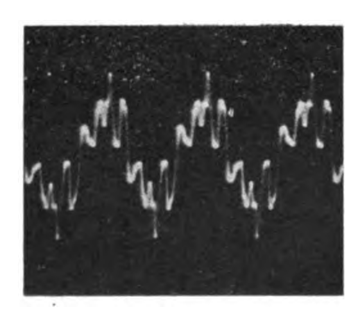


Fig. 8.

téléphonique de 10 microfarads. Mais une fréquence de 50 p : s ne représente pas la limite des photographies instantanées réalisables, car la figure 9 reproduit la décharge oscillante d'un circuit comprenant une capacité et une self-induction à la fréquence de 250 p : s, et sans étincelle; enfin nous donnons encore en figure 10 la décharge d'un circuit secondaire à couplage serré avec un primaire sur lequel, il est accordé. La fréquence est encore 250 p : s.

Avec une fréquence de 1080 p : s, les courbes sont encore très nettes. La limite de décomposition est atteinte pour 1100 p : s. On facilite la prise des photographies par l'adjonction d'un commutateur U (*fig.* 5), qui rend l'opération automatique.

Le tube employé par l'auteur avait un écran fluorescent au sulfure de zinc de Giesel, ou au tungstate de calcium, et un diaphragme de 115 mm de diamètre. Les anciens modèles de tube de Braun présentent un inconvénient qui se manifeste surtout dès que l'on augmente

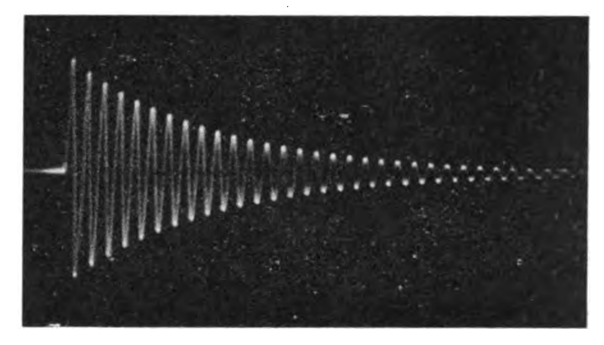


Fig. 9. — Décharge oscillante à 250 p : s, sans étincelle dans le circuit.

l'intensité du courant d'excitation pour accroître la clarté de la tache. Il se produit un papillottement de la tache et un arrêt momentané de la décharge normale;

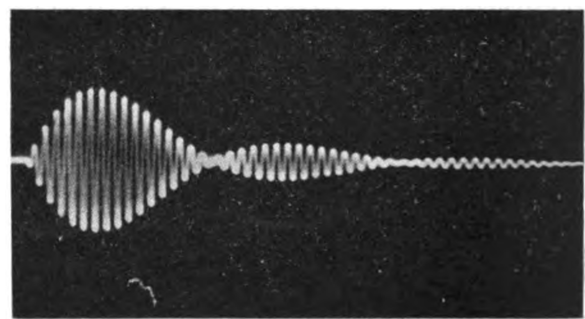


Fig. 10. — Oscillation d'un circuit secondaire à couplage serré; fréquence : 250 p : s.

c'est qu'il se produit une décharge parasite entre la cathode et la paroi de verre située derrière elle, paroi chargée par des ions positifs. On évite cet inconvénient en disposant contre la cathode un disque de verre qui ferme complètement l'espace post-cathodique. Le tube perfectionné de Zenneck était alimenté par une machine à influence qui débitait environ 0,5 milliampère sous 28 000 volts. On concentrait le faisceau cathodique avec une bobine coaxiale au tube.

Remarque. — Pour photographier avec le tube de Braun des oscillations de fréquences élevées, nous rappellerons que M. H. Hausrath a tourné la difficulté en faisant agir sur le faisceau catodique, en même temps que le faisceau à analyser, un courant sinusoïdale de même fréquence. On obtient ainsi des figures de Lissajous fixes, par conséquent toujours capables d'impressionner la plaque photographique; en retranchant, de la courbe complexe, la courbe sinusoïdale connue, on arrive, à la courbe cherchée. C'est ainsi que plusieurs auteurs ont étudié les oscillations de l'arc de Coulsen, alors que les oscillogrammes de Blondel et Simon correspondent à des fréquences de 10 000 p : 5 seulement. B. K.

MESURES DIVERSES.

Dispositif facilitant la lecture des aréomètres pour accumulateurs (1).

L'entretien des accumulateurs exige qu'on soit constamment renseigné sur la densité de l'électrolyte; il faut, pour cela, faire de nombreuses lectures sur l'aréomètre et cette opération est rendue difficile : par le collage de la tige contre les parois du bac ou contre les plaques; par la rotation de l'appareil sur lui-même et surtout par la position courbée de l'observateur. On évite tous ces inconvénients par l'emploi d'un dispositif breveté en Allemagne par l'auteur sous les nos 251 733 et 253 251 et qui est construit par la maison Kuno Uesseler, d'Elberfeld. Les figures 1 et 2 représentent la graduation en vraie grandeur et l'aréomètre coiffé de son accessoire au tiers de sa grandeur. Celui-ci consiste en un flotteur de liège K dans lequel est enchâssé un miroir sphérique *h* à court foyer sous une inclinaison de 45°. Le tain du miroir est protégé contre la corrosion de l'acide par un vernis ou un mastic appropriés qui sont eux-mêmes recouverts d'une feuille de plomb. Le flotteur porte encore une lamelle de celluloïd *c* munie d'un trou oval dans lequel on enfile la tige de l'aréomètre; les chiffres de la graduation de la tige sont renversés. La figure 3 est une vue en plan du flotteur regardé de haut en bas et la figure 4 une section verticale par AB.

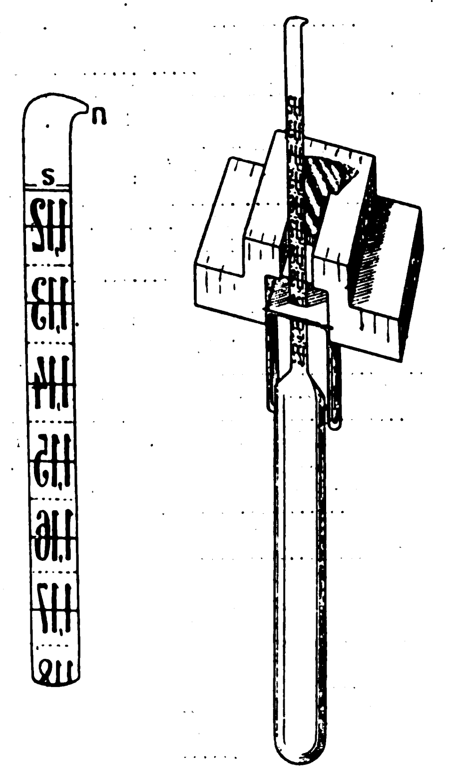


Fig. 1 et Fig. 2. — Tige graduée de l'aréomètre de Kretzschmar, en vraie grandeur et appareil entier au tiers de sa grandeur naturelle.

Les deux jambes verticales *f* fixées à la lame de celluloïd ont pour but d'éviter le collage de l'aréomètre; la gouttière *a* solidaire du miroir *h* facilite l'écoulement du liquide condensé à la surface du miroir. Enfin, dans le cas où la densité de l'électrolyte serait devenue beaucoup trop faible, le bec *n* empêcherait l'aréomètre de tomber au fond du bac, car la poussée qui s'exerce sur le flotteur est supérieure au poids de l'aréomètre. Pour faire les lectures, l'observateur dirige son regard suivant l'axe de la tige, et il voit les divisions telles qu'elles sont représentées en figure 3; le point d'affleurement correspond à l'arête inférieure du miroir où se trouve la gouttière *a*. Il n'y a pas de collage ni de frottement à craindre contre les bords du trou, car la lame de celluloïd est complètement mouillée par de l'eau acidulée.

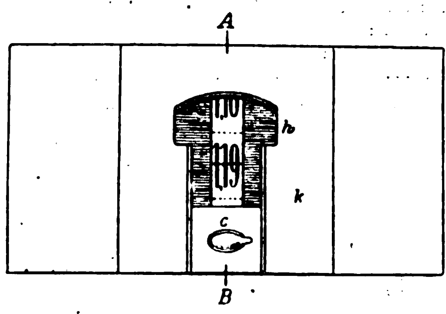


Fig. 3. — Vue en plan du flotteur regardé de haut en bas aux deux tiers de sa grandeur vraie.

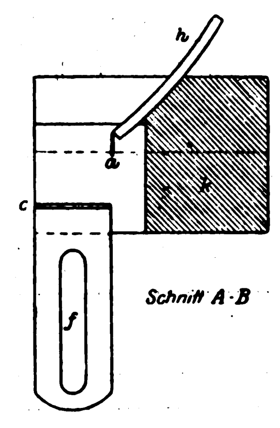


Fig. 4. — Coupe verticale du flotteur par A-B, aux deux tiers de sa grandeur vraie.

Chaque aréomètre est gradué avec le flotteur pour tenir cependant compte des frottements possibles. Ce dispositif est incassable et applicable pour un écartement des plaques d'au moins 16 mm.

(1) F.-E. Kretzschmar, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXXIV, 27 mars 1913, p. 357-358.

LÉGISLATION, JURISPRUDENCE, ETC.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Loi créant un privilège au profit de la victime d'un accident sur l'indemnité d'assurance due à l'auteur de l'accident assuré pour couvrir sa responsabilité.

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE UNIQUE. — L'article 2102 du Code civil est complété ainsi qu'il suit :

Sont privilégiées :

....

8° Les créances nées d'un accident au profit des tiers lésés par cet accident ou de leurs ayants droit sur l'indemnité dont l'assureur de la responsabilité civile se reconnaît ou a été judiciairement reconnu débiteur à raison de la convention d'assurance.

Aucun payement fait à l'assuré ne sera libératoire tant que les créanciers privilégiés n'auront pas été désintéressés.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Fait à Paris, le 28 mai 1913.

R. POINCARÉ.

Par le Président de la République :

Le Garde des sceaux, Ministre de la Justice,
Antony RATIER.

(*Journal officiel* du 30 mai 1913.)

SOCIÉTÉS, BILANS.

Compagnie centrale d'Éclairage et de Transport de force par l'électricité. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à la séance de l'Assemblée générale ordinaire du 28 avril 1913, nous extrayons ce qui suit :

Nos recettes totales d'éclairage et de force motrice se sont élevées à la somme de	1 154 896,70
contre, en 1911	1 035 454,60
d'où il résulte une augmentation, en 1912, de	119 442,10
L'augmentation de 1911 sur 1910 avait été de	75 136,30
Nos dépenses d'exploitation se sont élevées, en 1912, à	376 028,15
contre, en 1911, à	351 680,10
d'où une augmentation, en 1912, de	24 348,05
Les bénéfices d'exploitation s'élèvent ainsi en 1912 à	778 868,55
contre, en 1911, à	683 774,50
ce qui constitue une augmentation, en 1912, de	95 094,05

L'augmentation des bénéfices d'exploitation de 1911 sur 1910 avait été de 36 276,20 fr.

Le nombre d'abonnés branchés sur notre réseau était, au 31 décembre 1912, de 3219, contre, au 31 décembre 1911, 2847, ce qui constitue pour 1912, une augmentation de 272 abonnés.

L'augmentation du nombre d'abonnés de 1911 sur 1910, avait été de 277.

Sur le chiffre des bénéfices nets, ci	482 124,25
il y a d'abord à prélever, pour amortissement d'obligations en 1912	25 854,15
Reste	456 270,10
sur lesquels, nous vous proposons d'affecter une somme de	260 480,63
au compte « Réserves pour amortissements divers », ce qui ramènera à	195 789,47
la somme disponible pour la réserve légale, le dividende, et l'amortissement des actions.	
Réserve légale	9 789,47
Répartition d'un dividende 6 pour 100 à toutes les actions privilégiées ou ordinaires	171 000,00
Dotation du fonds d'amortissement des actions	15 000,00
Total égal	195 789,47

Si vous approuvez ces attributions, vos différents comptes de réserves s'élèveront aux chiffres suivants :

Réserve légale	230 903,87
Réserves pour amortissements divers	1 601 510,55
Fonds d'amortissement du capital-actions	88 765,40
Ensemble	1 921 179,82

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1912.

Actif.

Apports	500 000,00
Premier établissement	8 750 282,92
Compteurs	52 830,60
Marchandises en magasins	104 589,30
Titres en portefeuille	52 274,45
Débiteurs divers	260 069,85
Caisses et banques	42 754,50
Primes de remboursement sur obligations	2 001 568,25
Impôts sur titres	16 791,84
	11 781 161,71

Passif.

Capital	2 850 000,00
Obligations en circulation	6 182 000,00
Réserve légale	221 114,40
Réserve pour amortissements divers	1 315 175,77
Fonds d'amortissement du capital actions	73 765,40
Créditeurs à termes échelonnés	564 446,45
Avances sur canalisations	5 886,45
Obligations amorties restant à rembourser	11 500,00
Coupons échus restant à payer	21 347,19
Réserve pour entretien d'accumulateurs	32 670,65
Comptes d'ordre	21 131,15
Profits et Pertes. Exercice 1912	482 124,25
	11 781 161,71

PROFITS ET PERTES AU 31 DÉCEMBRE 1912.

Débit.

Dépenses d'exploitation	414 259,25
Dépenses d'administration	33 244,75
	447 504,00
Service financier	233 989,55
	681 493,55
Balance	482 124,25
Total	1 163 617,80



Passif.

Recettes d'exploitation...........................	1 154 896,70
Recettes diverses	8 721,10
Total.........	1 163 617,80

L'Assemblée générale, après avoir entendu le rapport du Conseil d'administration et celui des Commissaires, a approuvé les rapports ainsi que le bilan et les comptes de l'exercice 1912, tels qu'il lui sont présentés, et a fixé à 6 pour 100 le dividende de cet exercice.

INFORMATIONS DIVERSES.

La répartition de la puissance hydroélectrique aménagée et de la puissance hydraulique disponible en France. — La puissance disponible des chutes d'eau françaises est indiquée, suivant les régions, dans le tableau suivant :

Régions.	Puissance à l'étiage en chevaux.	Puissance en eaux moyennes en chevaux.
Alpes septentrionales (Haute-Savoie, Savoie, Isère, Hautes-Alpes).....	1 000 000	2 000 000
Alpes méridionales (de la Drôme aux Alpes maritimes)................	1 300 000	2 600 000
Massif Central, Vosges, Jura	900 000	1 800 000
Pyrénées	1 000 000	2 000 000
Reste du territoire................	400 000	800 000
Totaux	4 600 000	9 200 000

La puissance des chutes d'eau aménagées pour la production de l'énergie électrique est donnée par le tableau suivant :

Régions.	Puissance totale aménagée en eaux moyennes en chevaux.	Répartition de la puissance totale. Traction et transmission d'énergie en chevaux.	Électrochimie, électrométallurgie et divers en chevaux.
Alpes..........	500 000	205 000	295 000
Massif Central..	55 000	55 000	
Pyrénées.......	70 000	40 000	30 000
Autres régions..	25 000	25 000	
Totaux....	650 000	325 000	325 000

Nouveaux systèmes de contacts à fiches pour boîtes de résistances; B. Duschnitz (*E. T. Z.*, 3 avril 1913, p. 385-386). — L'un de ces systèmes est en tous points comparable à l'œil de la panture d'une porte. La fiche s'engage dans deux de ces trous superposés et légèrement désaxés, en sorte que le contact est assuré non seulement par le serrage de chaque œil qui fait ressort, mais encore par le coincement dû au décentrage. Ces contacts font corps avec des pièces qui servent à les fixer à la boîte dans des logements de même forme, avec un jeu suffisant pour le cas où les fiches seraient un peu fortes. Pour les trop grosses fiches, il n'y a pas à craindre de dépasser les limites de résilience du métal, puisque l'ouverture de l'œil est limitée par la masse environnante. — Le deuxième type de contact est plus spécialement étudié pour les fortes intensités et répond aux prescriptions du Verband Deutscher Elektrotechniker. La cheville est fendue, et quand elle pénètre dans le trou du plot, elle rencontre un coin ou contre-pointe qui l'ouvre d'autant plus qu'elle est plus enfoncée. Le coin est une aiguille d'acier semblable au style des graphophones; il est monté sur une tige filetée qui permet de le régler. L'adhérence des fiches est telle que l'auteur, en retournant la boîte, a pu y suspendre un poids de 3,5 kg sans réussir à les faire sortir de leur logement.

Un micropyromètre pour la détermination des points de fusion; G.-K. Burgess (*Phys. Zeits.*, 15 février 1913, p. 158-160). — Pour la détermination des points de fusion de substances dont on ne possède que de petites quantités, l'auteur dirige un pyromètre optique et un microscope simultanément sur une lame de métal, en platine par exemple, et sur le corps à fondre qui est déposé sur la lame. La lame est chauffée électriquement. Il est plus simple cependant de réunir en un seul l'appareil qui sert aux observations et l'appareil qui sert à la mesure des températures. A cet effet, on installe dans l'oculaire de Huygens d'un microscope ordinaire une petite lampe à incandescence en série avec un rhéostat et un ampèremètre. L'extrémité du filament est amené au même éclat que la lame de platine que l'on regarde d'en haut à l'instant où se produit la fusion du métal ou toute autre substance, sur laquelle est pointé le microscope. L'œil de l'observateur aperçoit en même temps au foyer le corps en essai, la lame de platine et le filament; le courant qui traverse ce dernier peut servir à mesurer la température de la lame, comme on le fait d'ailleurs pour les pyromètres de Morse ou de Holborn-Kurlbaum. L'oculaire est pourvu d'un filtre rouge d'Iéna F4512; pour les températures supérieures à 1400, on interpose un verre absorbant entre l'objectif du microscope et la fenêtre du four. L'étalonnage du pyromètre consiste à déterminer l'intensité du courant correspondant à des points de fusion parfaitement comme ceux de l'or, du nickel, du cobalt et du palladium. De la relation entre la température et le courant on déduit le point de fusion. Pour les intervalles de températures assez faibles, on se sert de la relation $\log c = a + b \log t$, qui rend le calibrage possible avec deux points de référence seulement. Un avantage de cette méthode de calibrage résulte de la latitude qu'elle laisse de pouvoir choisir les corps étalons parmi ceux dont les propriétés sont voisines de celles des corps à expérimenter; ce qui élimine les causes d'erreurs inhérentes à la méthode elle-même. Ainsi un étalonnage réalisé pour des métaux donnera de mauvais nombres pour les températures de fusion des sels. Pour les corps à fusion franche (or et nickel) la précision est de 1° à 2°. Un de ces appareils existe au Bureau of Standards à Washington; il se prête très bien aux observations métallographiques, microchimiques, et pour la détermination des températures de surfaces incandescentes. L'auteur se met à la disposition des physiciens qui voudraient bien lui envoyer quelques millièmes de milligramme d'éléments rares dont on désirerait connaître la température de fusion et le pouvoir rayonnant aux hautes températures.

Nouvelle méthode pour évaluer le temps dans les essais des compteurs watt-heuremètres; Gordon Thompson (*Electrical World*, 1er février 1913, p. 246-248). — L'étalonnage des compteurs consiste à déterminer la durée d'un tour lorsqu'un courant connu traverse, sous une tension connue, l'appareil à étalonner. Il convient de mesurer cette durée avec une approximation suffisante; suivant l'auteur les méthodes ordinaires ne sont pas assez exactes. Il préconise une autre méthode consistant à inscrire sur un chronographe à l'instant où un point de la partie mobile du compteur passe en un point fixe de l'espace. Pour cela les deux points sont reliés à un circuit comprenant un relais et une source d'électricité à haute tension (10 000 volts). A chaque tour il se produit une étincelle, le relais est actionné et celui-ci fait mouvoir un style inscrivant une marque sur un chronographe.

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES.

CHRONIQUE SYNDICALE.

Union des Syndicats de l'Électricité.

Syndicat professionnel des Industries électriques.

Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.



ÉLECTRICITÉ PURE ET APPLIQUÉE.

Électricité et Magnétisme.

Génération et Transformation.



Transmission et Distribution.

Applications mécaniques.

Traction et Locomotion.



Télégraphie et Téléphonie.

Applications thermiques.

Éclairage.

Électrochimie et Électrométallurgie.

Mesures et Essais.

Variétés.

DIVERS.

Législation, Réglementation.

Chronique financière et commerciale.

TABLE DES NOMS D'AUTEURS.









FIN DU TOME XIX.

51090 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES [1]

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Usines. — *L'usine génératrice hydro-électrique de la Ontario Power Company sur les chutes du Niagara*; Ernst Becker (*Helios Zeits.*, 20 octobre 1912, p. 521-526).

Les usines génératrices régionales du duché de Wurtemberg (*E. K. B.*, 14 octobre 1912, p. 612-614). — Ce pays possède un grand nombre d'usines hydro-électriques dont l'énergie est en majeure partie consacrée aux travaux agricoles. Celle que décrit l'article dessert une région de 5990 km² et comptant une population rurale de 394 000 habitants. L'usine est bâtie sur la rivière Argen, de régime alpin, c'est-à-dire présentant son maximum de mars à mai et son minimum en novembre; pour régulariser son débit, il a fallu créer de grands réservoirs dont l'aménagement a d'ailleurs été facilité par des conditions naturelles, si bien que le plan d'eau occupe une surface de 288 ha et qu'on peut disposer de 13 100 000 m³ d'eau. L'énergie hydraulique est utilisée sous deux chutes: l'une, à Sattel, a 20 m de hauteur et peut débiter au maximums 9 m³ d'eau par seconde; l'usine travaille sans interruption 24 heures par jour; la deuxième usine édifiée à 14 km en aval, à Steinbach, a une chute de 90 m qui pourrait débiter 15 m³ d'eau à la seconde au maximum, mais qui, en pratique, est limitée à 5,43 m³. Cette deuxième usine ne fonctionne qu'en cas de besoin; elle a trois groupes de turbines de 5000 chevaux accouplées directement à des génératrices triphasées, 3000 volts, 50 p : s, 600 t : m. La staton amont est pourvue de trois génératrices de 500 kilowatts, 3000 volts, 50 p : s. La distribution se fait d'abord par un réseau double à 60 000 volts, dont les lignes de rejoignent à environ 100 km du point de départ et alimentent des postes de transformation où la tension est abaissée à 15 000 volts. Sous cette forme, le courant est envoyé à de nouveaux postes de transformation, où la tension est abaissée à 440 ou 220 volts, qui sont les tensions normales. La puissance totale reliée est de 25300 kilowatts. Les frais d'installation se répartissent ainsi : 8 340 000 fr pour les travaux hydrauliques, l'édification et l'équipement des usines; 810 000 fr pour deux groupes à vapeur de réserve de chacun 2500 chevaux, 8 270 000 fr pour le réseau de distribution, total : 17 420 000 fr. Les dépenses d'exploitation, d'intérêts et d'amortissement s'élèvent à 1 600 000 fr et les recettes totales à 1 710 000 fr. Ces chiffres montrent que la fourniture d'énergie électrique à des clients agricoles répartis sur une trop grande étendue ne peut jamais donner des bénéfices s'il n'y a pas un certain nombre de gros abonnés reliés au réseau.

Description de quelques usines génératrices et de quelques sous-stations de transformation de lignes de traction à courant alternatif simple; Idelberger (*E. K. B.*, 14 novembre 1912, p. 670-679). — Usines génératrices de Muldenstein, de la ligne Magdebourg-Leipzig-Hall, des Chemins de fer de l'État prussien ; usine génératrice d'Altona de la ligne Blankenese-Hambourg-Ohlsdorf, etc.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Calcul simplifié de la chute de tension sur les lignes de transmission à haut potentiel; Nils Forssblad (*E. T. Z.*, 5 décembre 1912, p. 1259-1260). — On se donne beaucoup de mal, dit l'auteur, pour calculer la chute de tension en faisant appel à la méthode symbolique ou à d'autres procédés donnant un résultat aussi exact que possible. On cherche aussi à tenir compte de la capacité qui a pour effet de diminuer cette chute de tension. Les deux remarques suivantes, établies théoriquement et contrôlées sur des exemples numériques, permettent de résoudre le problème avec une approximation largement suffisante : 1° la variation de tension sur un conducteur aérien est égale à la chute de tension calculée en négligeant la capacité; 2° l'augmentation de tension due à la capacité d'une ligne aérienne, exprimée en pour 100, est indépendante de l'écartement des conducteurs, de leur section et de la tension de la distribution; elle varie proportionnellement au carré de la distance et au carré de la fréquence; pour 100 km et 50 p : s, elle est égale à 0,57 pour 100.

Limiteur de courant auto-encaisseur de Nordfeldt, Stockholm (*Helios Zeits.*, 24 novembre 1912, p. 589-590). — Le dispositif permet d'allumer un nombre de lampes supérieur à celui prévu par le forfait par la simple introduction d'une pièce de monnaie dans le limiteur, qui laisse alors passer un courant plus fort que celui pour lequel il est réglé.

(1) Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.



L'Éclat aveuglant

de la lumière des arcs flamme est un élément permanent de danger à cause des ombres violentes qu'elle procure. La source lumineuse des lampes

ARC FLAMME SANS CHARBONS
SILICA WESTINGHOUSE

n'est pas un point lumineux intense, mais un volume incandescent dont les rayons, grâce à leurs propriétés spéciales, ne sont pas éblouissants, mais reposants pour la vue

Une lampe de 3000 bougies ne consomme que 0fr10 de courant par heure

Demander Tarif 434.

The Westinghouse Cooper Hewitt Co. Ltd.

Adresse télégraphique : **HEWITLIGHT-SURESNES.**
Usines et Direction générale : **11, rue du Pont, SURESNES près PARIS.**
Téléphone : **586-10** *(Paris)* :: **92** *(Suresnes).*

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins
PARIS, VIe

Mme P. CURIE,
Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

TRAITÉ DE RADIOACTIVITÉ

2 vol. in-8 (25-16) de XII-428 et IV-548 pag., avec 193 fig., 7 planches et un portrait; 1910. **30 fr.**

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES

VEDOVELLI, PRIESTLEY & Cie

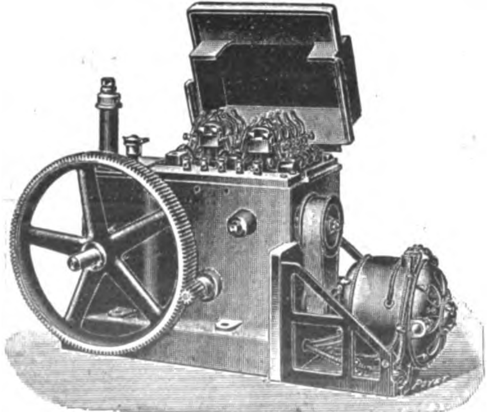
160, Rue Saint-Charles, PARIS (XVe)
Téléph. 708-96

GRAND PRIX 1900

Appareillage Électrique pour Hautes et Basses Tensions
MATÉRIEL POUR TRACTION ÉLECTRIQUE

RHÉOSTATS DE DÉMARRAGE SPÉCIAUX

Tableaux de Distribution.


Commande à distance universelle.

Les installations de génération et de distribution d'énergie électrique de la Clyde Valley Company; D.-A. Starr (*Journ. Inst. Elec. Eng.*, 10 novembre 1912, p. 781-804).

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Les moteurs monophasés à collecteur; M. Latour (*E. T. Z.*, 28 novembre 1912, p. 1231-1234). — L'auteur compare les différents moteurs essayés par la Compagnie des Chemins de fer du Midi et ceux principalement qui ont un champ transversal, soit que ce champ existe naturellement comme dans le moteur à répulsion, soit qu'on le produise artificiellement comme dans le moteur série. La supériorité du moteur série avec résistance en parallèle sur les pôles auxiliaires est démontrée et, d'après le diagramme du courant correspondant à ce dispositif, il est facile de déterminer l'excitation de ces pôles auxiliaires. Finalement, l'auteur indique un dispositif équivalent qui permettrait d'éviter tout embrouillage dans la construction du moteur.

Sur l'auto-excitation et le freinage en récupération des machines à caractéristiques série; A. Scherbius (*E. T. Z.*, 5 décembre 1912, p. 1264-1268).

Nouveau démarreur de Landis et Gyr, à Zug (*Suisse*) (*Helios Zeits.*, 1er décembre 1912, p. 600-601).

La machinerie auxiliaire sur les navires à vapeur; E.-T. Caparn (*Journ. Inst. Elec. Eng.*, novembre 1912, p. 825-836).

La commande électrique dans les ateliers de Chemins de fer aux États-Unis d'Amérique (Extrait d'une brochure de la General Electric C°, de Schenectady) (*E. K. B.*, 24 novembre 1912, p. 706-709).

TRACTION ET LOCOMOTION.

Fil de travail en forme de rail pour traction électrique (*Helios Zeits.*, 1er décembre 1912, p. 600).

Trôlet autolubrificateur (*Helios Zeits.*, 24 novembre 1912, p. 589).

Nouvelles automotrices pétroléo-électriques; W. Wechmann (*E. K. B.*, 24 octobre 1912, p. 621-627). — Ces voitures ont été construites par les Bergmann-Elektrizitäts-Unternehmungen pour le compte des chemins de fer de l'État prussien. L'équipement électrique, fourni par la A. E. G., comprend une génératrice qui alimente uniquement les moteurs de traction et, pour cette raison, est construite de façon à donner de grandes variations de tension. Ce résultat est obtenu par l'emploi du schéma Ward-Léonard, c'est-à-dire que la génératrice est à excitation indépendante et comprend deux enroulements de champ qui sont successivement mis en action par le combinateur. Il n'y a pas de rhéostat entre la génératrice et les deux moteurs; le réglage se fait par l'excitation; celle-ci est fournie par une batterie d'accumulateurs sur laquelle est branché en permanence le champ *I*; aux faibles vitesses les champs *I* et *II* sont séparés; quand ils sont mis en série, la tension de la dynamo devient supérieure à celle de la batterie et celle-ci se charge. La génératrice cuirassée est hexapolaire; elle a des pôles de commutation et des enroulements de compensation qui lui assurent une marche sans étincelles à toute charge. Sa puissance est de 66 kw; celle des moteurs peut atteindre 85 chevaux pendant 1 heure. La réduction est de 1 : 4,315. La puissance normale du moteur à pétrole est de 100 chevaux; elle est poussée à 150 chevaux dans les rampes ou les sections à grande vitesse. Il sort des ateliers de la Gasmotorenfabrik Deutz; il est à six cylindres à quatre temps, disposés deux à deux en regard, sous une inclinaison de 60°. Chaque paire travaille sur un bouton de manivelle; l'arbre de manivelle est donc muni de trois coudes décalés de 120°. On ne ressent aucune trépidation sur la voiture. La longueur de celle-ci entre tampons est de 20,120 m; l'empattement des bogies avant, 3,800 m; celui des bogies arrière, 2,500 m. La voiture pèse, vide, 46 tonnes et complète, 52 tonnes (10 wagons de 2e classe et 74 de 3e classe). Résultats d'exploitation : A pleine charge, la consommation de pétrole est 250 g par cheval-heure, ou 375 g par kilowatt-heure aux bornes de la génératrice. Dans les alignements droits et à pleine charge de 66 kw, la vitesse est de 58 km : h, ce qui correspond à une consommation de 430 g de pétrole par kilomètre. Un trajet de 485 km couvert en une journée entre Tempelhof et Glatz a donné comme consommation moyenne de pétrole 550 g,

par kilomètre. Une voiture ayant parcouru 10 000 km en un mois, a absorbé la même quantité de combustible avec 26 g par kilomètre d'huile de cylindre et 24 g par kilomètre d'huile de machine.

Les locomotives de mines et principalement les locomotives électriques (Conférence aux « Elektrotechnischer Verein des Rheinish-Westfälischen Industriebezirks »); KLINGENHŒFFER (*E. T. Z.*, 14 novembre 1912, p. 1197-1199). — On envisage ici le cas particulier d'une mine de charbon où les galeries présentent de faibles rampes, 3 pour 1000. Les tracteurs les plus employés sont les locomotives : 1° à pétrole ou à benzine, d'une puissance de 12 à 16 chevaux, avec une vitesse de 1,5 à 2 m par seconde; 2° à air comprimé, où la compression atteint 100 à 200 kg : cm², u'une puissance de 12 à 24 chevaux, avec une vitesse de 2,5 à 3 m par seconde; 3° les locomotives à accumulateurs équipées de batteries de 60 à 90 éléments et de deux moteurs de chacun 8,12 ou 18 chevaux. Pour la traction de très lourds convois, on accouple deux locomotives commandées alors par le même mécanisme; 4° les locomotives à trôlet aérien, à courant continu de 110, 250 ou 500 volts. Ce système offre la plus grande souplesse au point de vue de la puissance des moteurs et de la vitesse, celle-ci variant entre 2 et 3 m par seconde. L'avantage des locomotives à benzine ou à pétrole est de n'exiger aucun dispositif spécial le long de la voie. Il suffit à l'un des terminus, d'un dépôt pour le combustible, pour les réparations et pour l'eau de réfrigération La benzine peut être, d'ailleurs, produite sur place à bon marché. Mais ce système offre des dangers d'incendie; l'air se trouve vicié sur tout le parcours que suit la locomotive et il y a usure rapide des organes moteurs. Le deuxième type de locomotive participe aux avantages du premier; pour les trajets supérieurs à 2000 m il faut seulement prévoir une station de charge sur la ligne et, par conséquent, établir les canalisations nécessaires. Les hautes pressions employées entraînent une complication et le rendement de ces machines est mauvais. Pour les locomotives à accumulateurs, il faut prévoir des batteries interchangeables; les arrêts sont trop courts pour permettre la recharge sur place; on augmente leur rayon d'action en transportant une batterie supplémentaire sur un tender. A cette catégorie, ressortissent aussi les locomotives à accumulateurs sans conducteur, dont nous avons défini le principe dans la *Littérature des Périodiques* du 22 mars 1912 p. IX. Mais c'est certainement la locomotive à trôlet qui s'adapte avec le plus de souplesse à toutes les exigences de l'exploitation d'une mine. Voyons d'abord les avantages que procure la facilité d'une petite augmentation de vitesse. Pour transporter 1200 wagonnets de charbon à 2000 m à la vitesse de 120 m : m, il faudra pour l'aller et le retour $\frac{1200 \times 2 \times 2000}{60 \times 120} = 666$ wagons par heure. En comptant pour le chargement, le déchargement et autres manœuvres 60 minutes par wagon, on aura encore à fournir de ce fait 1200 wagons-heure, en tout : $1200 + 666 = 1866$ wagons-heure; à raison d'une journée de 8 heures, cela demande $\frac{1866}{8} = 235$ wagonnets en service. Mais si l'on porte la vitesse à 200 m : m, on a $400 + 1200 = 1600$ wagons-heure à fournir, d'où $\frac{1600}{8} = 200$ wagonnets seulement, c'est-à-dire une économie de 15 pour 100 sur le nombre de wagonnets nécessaires. Sans insister sur les qualités courantes de la locomotive à prise de courant aérienne telles que, faible encombrement pour de grandes puissances, disposition de la cabine permettant au mécanicien une prospection de la voie de chaque côté de la machine, manutention facile des sabliers, contrôleurs, freins, lampes, etc., nous signalerons certains types si ramassés qu'il est possible de les charger dans les cages, d'autres à deux sièges et, enfin, des locomotives doubles avec cabine au milieu. Quand l'avancement de l'abatage est rapide, une solution simple consiste à munir la locomotive d'un conducteur supplémentaire de 150 m de longueur qui se déroule et s'enroule sans difficultés sur un tendeur convenable; le convoi peut être amené ainsi à pied d'œuvre; ou encore un treuil disposé sur la locomotive tire les wagonnets des profondeurs de la galerie. En Amérique, on construit des locomotives qui n'ont pas plus de 50 cm de hauteur et sur lesquelles le mécanicien doit être couché. L'auteur fait ensuite la

par kilomètre. Une voiture ayant parcouru 10 000 km en un mois, a absorbé la même quantité de combustible avec 26 g par kilomètre d'huile de cylindre et 24 g par kilomètre d'huile de machine.

Les locomotives de mines et principalement les locomotives électriques (Conférence aux « Elektrotechnischer Verein des Rheinish-Westfälischen Industriebezirks »); Klingeboeffer (*E. T. Z.*, 14 novembre 1912, p. 1197-1199). — On envisage ici le cas particulier d'une mine de charbon où les galeries présentent de faibles rampes, 3 pour 1000. Les tracteurs les plus employés sont les locomotives : 1° à pétrole ou à benzine, d'une puissance de 12 à 16 chevaux, avec une vitesse de 1,5 à 2 m par seconde; 2° à air comprimé, où la compression atteint 100 à 200 kg:cm², u'une puissance de 12 à 24 chevaux, avec une vitesse de 2,5 à 3 m par seconde; 3° les locomotives à accumulateurs équipées de batteries de 60 à 90 éléments et de deux moteurs de chacun 8, 12 ou 18 chevaux. Pour la traction de très lourds convois, on accouple deux locomotives commandées alors par le même mécanisme; 4° les locomotives à trôlet aérien, à courant continu de 110, 250 ou 500 volts. Ce système offre la plus grande souplesse au point de vue de la puissance des moteurs et de la vitesse, celle-ci variant entre 2 et 3 m par seconde. L'avantage des locomotives à benzine ou à pétrole est de n'exiger aucun dispositif spécial le long de la voie. Il suffit à l'un des terminus, d'un dépôt pour le combustible, pour les réparations et pour l'eau de réfrigération La benzine peut être, d'ailleurs, produite sur place à bon marché. Mais ce système offre des dangers d'incendie; l'air se trouve vicié sur tout le parcours que suit la locomotive et il y a usure rapide des organes moteurs. Le deuxième type de locomotive participe aux avantages du premier; pour les trajets supérieurs à 2000 m il faut seulement prévoir une station de charge sur la ligne et, par conséquent, établir les canalisations nécessaires. Les hautes pressions employées entraînent une complication et le rendement de ces machines est mauvais. Pour les locomotives à accumulateurs, il faut prévoir des batteries interchangeables; les arrêts sont trop courts pour permettre la recharge sur place; on augmente leur rayon d'action en transportant une batterie supplémentaire sur un tender. A cette catégorie, ressortissent aussi les locomotives à accumulateurs sans conducteur, dont nous avons défini le principe dans la *Littérature des Périodiques* du 22 mars 1912 p. IX. Mais c'est certainement la locomotive à trôlet qui s'adapte avec le plus de souplesse à toutes les exigences de l'exploitation d'une mine. Voyons d'abord les avantages que procure la facilité d'une petite augmentation de vitesse. Pour transporter 1200 wagonnets de charbon à 2000 m à la vitesse de 120 m : m, il faudra pour l'aller et le retour $\frac{1200 \times 2 \times 2000}{60 \times 120} = 666$ wagons par heure. En comptant pour le chargement, le déchargement et autres manœuvres 60 minutes par wagon, on aura encore à fournir de ce fait 1200 wagons-heure, en tout : $1200 + 666 = 1866$ wagons-heure; à raison d'une journée de 8 heures, cela demande $\frac{1866}{8} = 235$ wagonnets en service. Mais si l'on porte la vitesse à 200 m : m, on a $400 + 1200 = 1600$ wagons-heure à fournir, d'où $\frac{1600}{8} = 200$ wagonnets seulement, c'est-à-dire une économie de 15 pour 100 sur le nombre de wagonnets nécessaires. Sans insister sur les qualités courantes de la locomotive à prise de courant aérienne telles que, faible encombrement pour de grandes puissances, disposition de la cabine permettant au mécanicien une prospection de la voie de chaque côté de la machine, manutention facile des sabliers, contrôleurs, freins, lampes, etc., nous signalerons certains types si ramassés qu'il est possible de les charger dans les cages, d'autres à deux sièges et, enfin, des locomotives doubles avec cabine au milieu. Quand l'avancement de l'abatage est rapide, une solution simple consiste à munir la locomotive d'un conducteur supplémentaire de 150 m de longueur qui se déroule et s'enroule sans difficultés sur un tendeur convenable; le convoi peut être amené ainsi à pied d'œuvre; ou encore un treuil disposé sur la locomotive tire les wagonnets des profondeurs de la galerie. En Amérique, on construit des locomotives qui n'ont pas plus de 50 cm de hauteur et sur lesquelles le mécanicien doit être couché. L'auteur fait ensuite la

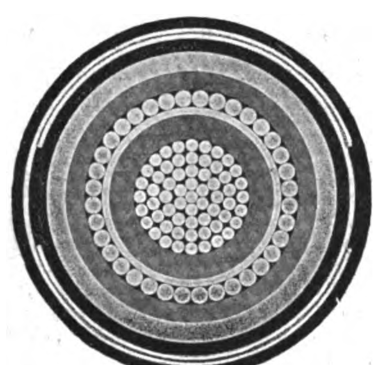
OFFICE DE BREVETS D'INVENTION — MARQUES & MODÈLES — LAVOIX & MOSÈS — INGÉNIEURS-CONSEILS (A. & M. & C. P.) — Place de la Trinité, 2, R. Blanche, PARIS (IXe Ar) — TÉL. 222.22

Ateliers de Constructions Électriques du Nord et de l'Est

Société Anonyme au Capital de **25.000 000 de Francs.**

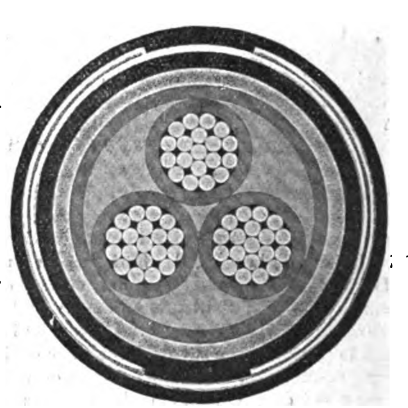
CABLERIE DE JEUMONT (NORD)

SIÈGE SOCIAL : *75, boulevard Haussmann, PARIS*



AGENCES :

PARIS : 75, *boul. Haussmann.*
LYON : 168, *avenue de Saxe.*
LILLE : 34, *rue Faidherbe.*
NANCY : 2, *rue Grandville.*
MARSEILLE : 8, rue des Convalescents.
TOULOUSE : 20, *rue Cujas.*
ALGER : 45, *rue d'Isly.*



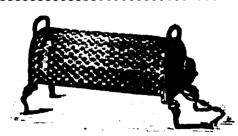
CABLES ARMÉS ET ISOLÉS A HAUTE ET BASSE TENSION

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE GRIVOLAS

PARIS 1900, SAINT-LOUIS 1904, Médailles d'Or
LIÉGE 1905, Grand Prix.

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 2000000 DE FRANCS
Siège social : 16, rue Montgolfier, PARIS

MILAN, 1906, 2 Grands Prix
LONDRES 1908, Membre du Jury.
BRUXELLES 1910, Grand Prix.
TURIN 1911, H.-C. Memb. du Jury.



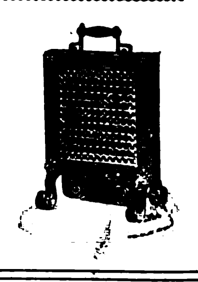
TÉLÉPHONE : 1030-55 (*1re ligne*)
— 1030-58 (*2e ligne*)
— 1013-27 (*3e ligne*)

TÉLÉGRAMMES :
GRIVOLAS-MONTGOLFIER-PARIS

RADIATEURS LUMINEUX " QUARTZALITE "

Le chauffage électrique vient de voir son extension s'accroître tout recemment par l'application du **Quartzalite** dans les Radiateurs construits suivant les brevets C.-O. Bastian.

Le **Quartzalite** ne craint ni l'humidité, ni les courants d'air. L'application du **Quartzalite** est des plus efficace dans les radiateurs électriques. Les radiateurs lumineux **Quartzalite** sont d'un prix très avantageux. Les rechanges des radiateurs lumineux **Quartzalite** sont pratiques. Une très grande durée est assurée aux radiateurs **Quartzalite** lumineux. Les courants continus et alternatifs sont applicables aux radiateurs lumineux **Quartzalite**.



MAXIMUM DE RENDEMENT, SIMPLICITÉ, BON MARCHÉ



profondeur et sa distance au cadre supérieur était de 2 m. Un signal d'appel complète cette installation. L'Administration des Chemins de fer a, plus tard, désiré faire servir ce même dispositif pour la commande automatique des signaux; le problème a été résolu à l'aide d'un relais à résonance que l'auteur a étudié en commun avec Gisbert Kapp. Ce relais capte les signaux téléphoniques et les transmet à un deuxième relais à courant fort qui, au moyen d'électro aimants, actionne des sonneries électriques, des signaux optiques ou libère des leviers de manœuvre et des freins. Les multiples fonctions de ce relais sont les suivantes : 1° chaque train s'engageant sur une section bloquée reçoit un courant induit qui actionne des appareils; la vigie reçoit aussi un signal qui dure tant que le le convoi est sur la section; alors le levier du signal est verrouillé électriquement et seulement libéré lorsque le train a quitté la section, de sorte que la vigie ne peut jamais laisser pénétrer un deuxième train sur cette section; 2° en cas de danger, la vigie peut arrêter automatiquement le train en un point quelconque de la section; 3° si le train brûle un signal à l'arrêt, il est automatiquement amené au repos par la vigie ; 4° dans le cas où deux trains s'engageraient sur la même voie et dans la même section ou iraient à la rencontre l'un de l'autre, ils seraient tous les deux automatiquement amené au repos. On voit les avantages de ce dispositif au point de vue de la sécurité de la circulation.

Le blocksystème à employer sur les lignes de traction électriques urbaines et circulaires (ceinture) de Berlin (*E. T. Z.*, 21 novembre 1912, p. 1214-1215). — Les blocksystèmes automatiques sont loin de présenter la même sécurité que ceux manœuvrés à la main; on ne les a appliqués à la manœuvre des signaux que par suite du manque de personnel; mais même dans ce cas spécial, ils sont loin d'offrir une garantie suffisante. La fréquence des trains ne dépend pas du choix du blocksystème, mais principalement de l'exploitation et des conditions électriques des trains. Les dispositifs ayant pour objectif l'arrêt automatique des trains ayant franchi un signal fermé, n'ont pas absolument besoin d'être reliés à un blocksystème automatique, car ils peuvent s'adapter à n'importe quel système de signal.

Emploi des symboles pour réaliser le couplage électrique des dispositifs devant assurer la sécurité du trafic sur les lignes de chemins de fer; Richard LISCHKE (*Helios Zeits.*, 1er décembre 1912, p. 593-600).

Fonds de renouvellement et résultats d'exploitation des lignes de traction électriques; A. ERTEL (*E. K. B.*, 24 novembre 1912, p. 693-699). — L'entretien continuel de la voie, son équipement et son installation sont généralement faits sur le budget des recettes d'exploitation; l'auteur discute alors, d'après les données de la statique, les avantages qu'il y a pour une entreprise de traction à constituer un fonds de renouvellement et la somme qu'il convient de lui affecter suivant l'importance de l'entreprise.

Chemins de fer funiculaires et à crémaillères électriques (*E. K. B.*, 24 novembre 1912, p. 704). — Remplacement de la traction à vapeur par la traction électrique sur le chemin de fer à crémaillère de Nussdorf (XIXe arrondissement de Vienne) à Kahlenberg; distance, 5449 m, élévation de la cote 175,57 à la cote 484,66; la plus grande pente est de 10 pour 100. La ligne est à double voie. L'énergie électrique sera fournie par l'usine génératrice de Vienne; une sous-station établie à Krapfenwald transformera le courant triphasé à 5500 volts, 48 p:s, en courant continu à 800 volts. Il y a trois freins obligatoires : un frein à main, un frein à bande sur la roue dentée et un frein électromagnétique. Le régulateur de vitesse commandé par une poulie étagée déclenche un verrou aussitôt que la vitesse dépasse une certaine allure et le frein à bande se met automatiquement en action.

Funiculaire suspendu pour voyageurs de Bozen construit par Adolf Blechert et Co, de Leipzig (*E. K. B.*, 24 novembre 1912, p. 705-706). — Les voitures sont suspendues à un petit chariot qui repose, par huit galets, sur deux câbles porteurs; il y a aussi deux câbles tracteurs. La ligne a 1650 m de longueur; elle est fixée à 12 pylônes en fer dont les portées atteignent en certains endroits jusqu'à 200 m avec une inclinaison de 42°. Deux voitures circulent en même temps, l'une montante, l'autre descendante. Le tambour qui actionne les câbles tracteurs est lui-même commandé par un moteur shunt à courant continu, 90 chevaux, 220 volts et 750 t : m. L'installation comprend aussi une batterie-tampon de 370 ampères-heure, qui est capable d'assurer le service plusieurs heures en cas d'accident sur le réseau. En cas d'arrêt du moteur, un volant à main permet de ramener les

voitures à leurs terminus. Tous les dispositifs de sécurité sont prévus, voire même un sac pour descendre les passagers en cas de panne générale.

L'électrification des chemins de fer urbains, de banlieue et circulaires de Berlin (Mémoire publié par le Ministère des Travaux publics de Prusse) (*E. T. Z.*, 5 et 19 décembre 1912, p. 1270-1273, 1318-1332).

Le futur chemin de fer électrique de Constantinople et de ses faubourgs sur la rive européenne du Bosphore; E. Brugsch (*E. K. B.*, 4 novembre 1912, p. 641-644). — La Maison Lenz et Cº, de Berlin, a projeté un tracé de chemin de fer électrique devant desservir les voies principales de Constantinople et sa riante banlieue, ce qui faciliterait beaucoup l'exode des citadins vers la campagne. L'article s'attache surtout à dépeindre la situation actuelle des transports dans cette ville, et il en fait un tableau lamentable.

Intensification du trafic sur le circulaire de Londres depuis son électrification; G. Kemmann (*E. K. B.*, 4 et 24 novembre 1912, p. 644-653, 699-704). — En même temps qu'une statique du nombre de voyageurs transportés, on trouvera dans cet article des renseignements très complets sur le matériel roulant, l'équipement électrique, les signaux automatiques, etc.

La traction électrique sur l'ancienne ligne des Giovi entre Gênes-Milan et Gênes-Turin; G. Calsolari (*E. T. Z.*, 28 novembre et 5 décembre 1912, p. 1236-1241, 1260-1264).

L'électrification du chemin de fer de Rjukan; Marguerre (*E. K. B.*, 4 décembre 1912, p. 713-727). — La ligne de Rjukan, qui est la première ligne à voie normale de Norvège équipée électriquement, est caractérisée par une série de particularités économiques et techniques qui justifient la longue description qu'en donne l'auteur. Nous indiquerons seulement le tracé de la ligne qui, au début, a servi au transport des matériaux pour la construction de la grande usine génératrice de Rjukan où se fabriquent les nitrates. Son origine est à Nottoden, à l'extrémité du fiord de Hitterdalswand, sur lequel circulent des remorqueurs en attendant que les grands navires accostent directement à Nottoden. De ce point, la ligne gagne Tinnsjö à 30 km, où se trouve un lac intérieur de 30 km de longueur, à une altitude de 200 m et avec des rives très escarpées, en sorte qu'il a paru préférable de transborder les convois sur un bac jusqu'à Rollag, où le chemin de fer reprend jusqu'à Saaheim, sur une longueur de 16 km. Cette dernière localité constitue le terminus; c'est elle qui comprend toutes les fabriques utilisant l'énergie fournie par les chutes de Rjukan. Le tracé très accidenté est coupé de rampes à 27 pour 1000, sur 4 km de longueur, dans la première section, à 18 pour 1000 dans la deuxième. Certaines courbes n'ont pas plus de 150 m de rayon. Les rails pèsent 25 kg au mètre courant; cette voie n'est donc pas prévue pour les grandes vitesses ou les lourds transports. La solution électrique sur laquelle l'auteur s'étend amplement, a consisté à transformer du courant triphasé à 10 000-11 000 volts et 50 p : s en courant monophasé également à 10 000-11 000 volts, mais à la fréquence 16 p : s, qui est envoyé au fil de travail. Ce courant est finalement abaissé à 220 volts et alimente quatre moteurs de 125 chevaux prévus pour chaque locomotive.

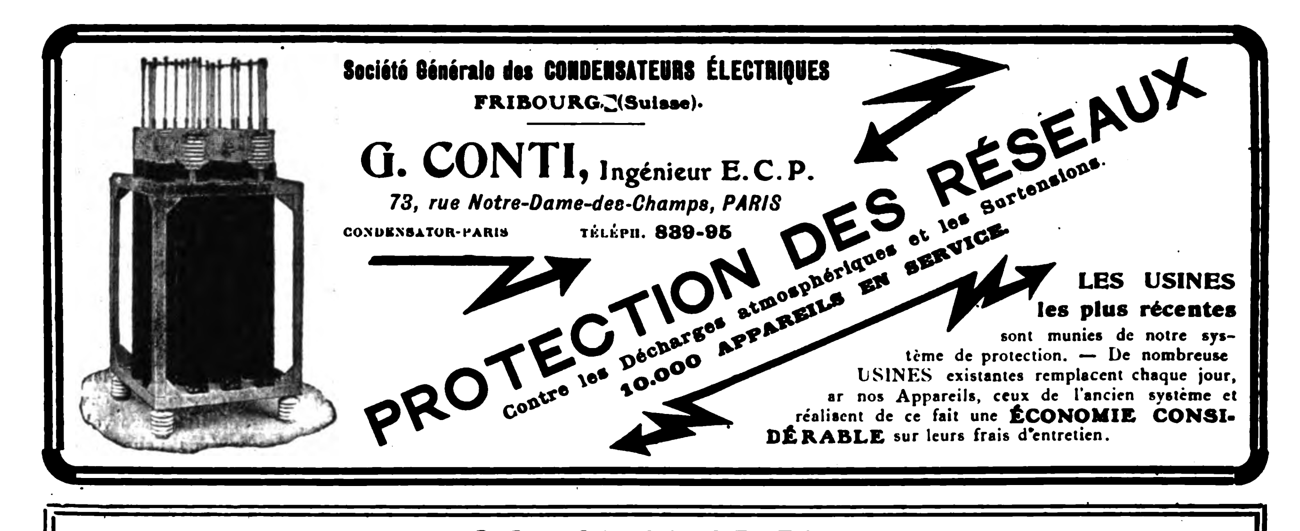
L'électrification des lignes de traction des Alpes bernoises; L. Thormann (*E. K. B.*, 14 novembre 1912, p. 688-690). — Description déjà signalée d'une locomotive des Maschinenfabrik Oerlikon pour 15 000 volts et 15 p : s au fil de travail et deux moteurs monophasés de chacun 1250 chevaux.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Essais de télégraphie duplex (*Helios Zeits.*, 3 novembre 1912, p. 550-552).

Schéma d'un réseau télégraphique pour le service des incendies; W. Fellenberg (*E. T. Z.*, 14 novembre 1912, p. 1183-1187).

La corrosion des fils des armatures des câbles sous-marins (*Génie civil*, 16 novembre 1912, p. 57). — Après avoir rappelé que l'Administration des postes anglaise attache plus d'importance à la résistance à la corrosion qu'à la résistance mécanique des fils destinés à l'armature des câbles sous-marins, l'*Electrical Review*, du 9 août, reproduit un article du *Telephone Engineer*, de juillet, établissant une comparaison à ces points de vue entre les fils de fer et les fils



ACCUMULATEUR

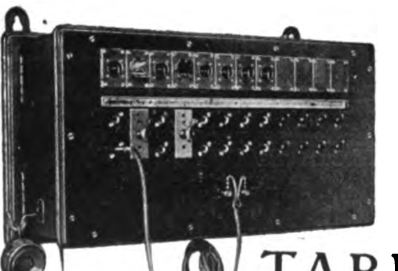
FULMEN

POUR TOUTES APPLICATIONS

Bureaux et Usine à CLICHY. — 18, Quai de Clichy, 18

Adresse télégraphique : FULMEN CLICHY-LA-GARENNE TÉLÉPHONE : 511-86

"LE MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE"



Ancne Maison G. ABOILARD & Cie

46, Avenue de Breteuil, PARIS

FOURNISSEUR DE L'ÉTAT

MATÉRIEL COMPLET POUR LA TÉLÉPHONIE

TABLEAUX COMMUTATEURS

A BATTERIE CENTRALE INTÉGRALE

Admis sur le Réseau de l'État pour Usines, Bureaux, Maisons de Commerce, Banques, Hôtels, etc.

SIGNAUX d'APPEL et de FIN, AUTOMATIQUES

PAR VOYANTS ET SONNERIES

Secret absolu des communications - Facilité de Manœuvre - Deux fils seulement par ligne

TRANSMISSION INCOMPARABLE

TÉLÉPHONE 707.14
707.03

Demander notre Notice RE

"LE MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE"
ANCIENNE MAISON G. ABOILARD & C.
MARQUE DÉPOSÉE
CÂBLES APPAREILS TÉLÉPHONIQUES
FONDÉE EN 1886
BUREAUX ET USINE 46 AVENUE DE BRETEUIL, PARIS



d'acier. On a quelquefois attribué la résistance à la corrosion du fer puddlé plus grande que celle de l'acier, à la présence entre ses fibres de scories qui les recouvrent d'une enveloppe protectrice; mais il semble résulter d'expériences plus récentes que cette résistance doit être attribuée, avant tout, à l'absence, dans le fer puddlé, de certains éléments secondaires contenus dans l'acier doux, et notamment du manganèse. Se basant sur ces conclusions, l'American Rolling Mill C°, de Middletown (Ohio), prépare un fer spécial pour fils d'armatures de câbles, qui donne, paraît-il, des résultats remarquables et qui est obtenu directement au four Martin. Ce fer diffère d'ailleurs des aciers Martin ordinaires uniquement par ses basses teneurs en matières étrangères, et on l'obtient simplement par une décarburation de l'acier doux poussée plus loin et sans aucune addition ultérieure. Des échantillons de ce fer, immergés dans une solution d'acide sulfurique à 5 pour 100 pendant 24 heures n'ont perdu que 0,21 pour 100 de leur poids, alors que la perte de poids des échantillons ordinaires d'acier était de 14,5 pour 100 La charge de rupture de ce fer variait entre les trois cinquièmes et les quatre cinquièmes de celle de l'acier doux ayant servi à sa fabrication et son allongement était de 40 à 48 pour 100.

Influence du mouvement des diaphragmes des récepteurs téléphoniques sur l'impédance de ces récepteurs; A.-E. Kennelly et G.-W. Pierce (*Elect. World*, 14 septembre 1912, p. 560-565). — La résistance et l'inductance de plusieurs récepteurs téléphoniques ont été mesurées, pour diverses valeurs de la fréquence, les diaphragmes étant libres de se mouvoir, ou, au contraire, maintenus en repos. Dans deux types de récepteurs, la résistance avec diaphragme au repos a été trouvée être une fonction quadratique de la fréquence. Pour l'ensemble des récepteurs, le produit de la résistance au repos par la réactance au repos a été trouvé constant, indépendant de la fréquence dans une portion importante des fréquences auditives bien que chacune des quantités prise isolément varie considérablement avec la fréquence. La résistance et la réactance avec diaphragme libre éprouvent des variations très marquées quand la fréquence passe dans le voisinage de la fréquence naturelle du diaphragme. La résistance et la réactance de mouvement, c'est-à-dire la différence des valeurs de ces deux grandeurs quand le diaphragme est libre et quand il est maintenu, ont donné lieu aux deux constatations suivantes : si l'on porte les réactances en ordonnées et les résistances en abscisses, on obtient, quand la fréquence varie de zéro à l'infini, une courbe circulaire; les courbes représentant la réactance et l'inductance en fonction de la fréquence sont analogues aux courbes de l'indice de réfraction et de l'absorption de la lumière en fonction de l'inverse de la fréquence dans le voisinage d'une bande d'absorption. La puissance absorbée par un récepteur téléphonique, quand il rend un son sous une tension de 0,3 volt, surpasse de 68 pour 100 la puissance qu'il absorbe quand le diaphragme est arrêté.

Les perturbations provoquées sur une ligne téléphonique par un réseau de traction à courant alternatif monophasé et quelques remarques sur les génératrices monophasées; F. Maguerre (*E. T. Z.*, 21 novembre 1912, p. 1209-1214). — La ligne de traction dont il s'agit est celle de Rjukanfos qui se divise en deux tronçons, dont l'un a 30 km et l'autre 16 km de longueur, séparés par un lac qui a 30 km de longueur; les convois traversent celui-ci sur un bac (voir plus haut, page XXI). Le courant, pris sur la ligne de travail, est à 10 000 volts et 16 p : s, les locomotives sont équipées de 2 ou 4 moteurs de 125 chevaux qui fonctionnent comme moteurs à répulsion. Sur toute cette région courent les fils de plusieurs lignes téléphoniques, constituées par des câbles sous plomb suspendus à des chaînettes. Les perturbations constatées étaient : des départs intempestifs des sonneries, les bruits de démarrage des trains, mais ce qui gênait le plus ses communications téléphoniques, c'était la marche des locomotives dont le bruit se répercutait avec d'autant plus d'intensité que la vitesse était plus grande. Les nombreux oscillogrammes relevés ont montré que tous ces inconvénients provenaient principalement des harmoniques excités dans les dents de la génératrice, harmoniques qui se trouvent renforcés

par l'action d'une charge déwattée. On a trouvé que la fréquence de l'harmonique perturbateur correspondait à 550 périodes par seconde; pour l'annihiler il a suffi de dériver aux bornes de la génératrice un circuit contenant une capacité et une une self-induction convenables pour résoner avec cette fréquence. L'expérience a prouvé que les constantes qui donnaient le meilleur résultat étaient 0,2 microfarad pour la capacité, et 0,40 henry pour la bobine d'inductance; en appliquant à ce circuit la formule de Thomson on trouve précisément que sa fréquence est de 568 p : s très voisines de 550.

Une extension de l'emploi des postes téléphoniques (*E. T. Z.*, 28 novembre 1912, p. 1241-1242). — Cet emploi élargi d'un poste, d'abonné a été imaginé par Rudolf Fischer, de Erfurt. En principe, il s'agit de permettre à un abonné de se faire remplacer par une téléphoniste pour la réception de certaines communications qui surviendraient en l'absence dudit abonné. Les communications enregistrées au bureau sont transmises, dans la suite, à l'abonné. L'article contient un certain nombre de schémas qui montrent la possibilité de résoudre le problème. Bien entendu que, pour ces transformations, l'Administration percevrait une taxe supplémentaire.

Récents perfectionnements dans les systèmes téléphoniques automatiques; G.-H. GREEN (*Electrician*, 7 et 15 novembre 1912, p. 175-177, 216-220).

Revue téléphonique d'avril à juin 1912; F. AMBROSIUS (*Helios Zeits.*, 20 et 27 octobre 1912, p. 528-530, 540-543).

La génération industrielle des courants de haute fréquence; Marius LATOUR (*Lum. élect.*, 23 novembre 1912, p. 227-231). — Dans un précédent article, l'auteur a démontré que la solution adoptée par M. Goldschmidt consistant à totaliser dans une seule machine une série de machines montées en cascade n'est pas une solution avantageuse. L'auteur montre dans celui-ci que la mise en cascade de plusieurs machines polyphasées ne présente pas de véritable complications. Il montre, en outre, que la génération des courant alternatifs simples de haute fréquence par réflexion est d'un rendement moindre que la génération de courants polyphasés à haute fréquence. En terminant, il exprime l'avis que le succès industriel des alternateurs à haute fréquence est lié à la possibilité que les communications radiotélégraphiques et radiotéléphoniques puissent s'accommoder de fréquences ne dépassant pas 20 000 ou 30 000 p : s.

Applications pratiques de la propagation des ondes de haute fréquence le long des fils; John STONE (*Journal Franklin Institute*, octobre 1912, p. 353-385; *Electrician*, 29 novembre 1912, p. 266-268. — Il y a 3 ans le major O. Squier a montré que la propagation des ondes électriques le long des fils pouvait être utilisée à la transmission des signaux ou de la parole au moyen des câbles ou des fils téléphoniques aériens. C'est sur ce système que porte le mémoire.

Théorie de l'exitation par chocs; D. ROCHANSKY (*Phys. Zeits.*, 1er octobre 1912, p. 931-936). — L'auteur soumet à l'analyse mathématique la découverte de M. Wien en appliquant aux deux circuits couplés les équations de Kirchhoff. Il admet que la tension d'étincelle e joue le rôle d'une force contre-électromotrice dans le circuit primaire. L'un des résultats les plus saillants qu'il obtient est le suivant : si k représente le coefficient de couplage, e_0 la tension maximum de l'étincelle, la tension maximum V_0 qui doit exister aux bornes de la capacité primaire pour qu'il y ait encore soufflage de l'étincelle est donnée par la relation $kV_0 = e_0$.

Utilisation de l'une ou l'autre des ondes émises par un transmetteur radiotélégraphique à accouplement rigide; W. TORIKATA et E. YOKOYAMA (*Electrician*, 11 octobre 1912, p. 22-25).

Transmetteurs pour télégraphie sans fil; P.-R. COURSEY et G.-G. DAWSON (*Journ. Inst. Elec. Eng.*, novembre 1912, p. 842-848).

Remarques sur les essais du matériel destiné à un poste radiotélégraphique à résonance; P. BOUVIER (*Lumière électrique*, 16 novembre 1912, p. 195-199). — Le réglage d'un poste émetteur de télégraphie

sans fil consiste dans la mise en résonance du circuit de charge de la capacité pour la fréquence de la source qui alimente cette capacité. M. Bouvier expose deux méthodes de réglage. La première suppose sans fuites le transformateur par l'intermédiaire duquel est fournie l'énergie à la capacité; c'est donc une méthode particulière qui ne saurait s'appliquer aux transformateurs à circuit magnétique ouvert ou à ceux qui comportent des circuits différents pour les enroulements primaires ou secondaires. La seconde méthode présentée par l'auteur est, au contraire, une méthode générale, qui ne suppose rien sur la constitution du circuit d'alimentation. Elle comporte un essai à vide, une mesure du courant primaire à vide, et enfin une mesure des courants primaires et secondaires de court circuit. L'auteur montre par un exemple les avantages de cette méthode.

Influence des perturbations atmosphériques sur la télégraphie sans fil; Mosler (*E. T. Z.*, 31 octobre 1912, p. 1134-1135). — Les observations ont été faites par enregistrement photographique au moyen d'un galvanomètre à corde et inscripteur lumineux de la Maison F. Huth, de Berlin. Le poste récepteur installé dans la maison de l'observateur même comprenait une antenne en parapluie de 18 m de hauteur et six fils formant une capacité totale de 800 cm. L'antenne était directement mise à la terre. La réception se faisait encore au téléphone; la longueur d'onde constante adoptée avait 1700 m. De fin novembre au commencement d'avril, la fréquence des perturbations est la plus faible; elle croît jusqu'en août et décroît ensuite. Elle présente un minimum quotidien le matin mais pour la journée le nombre des parasites atmosphériques dépend de certaines conditions locales, temps couvert, orage, température, mais surtout des variations du potentiel de l'air. Les mouvement d'électricité qui en résultent produisent des décharges alternatives dans l'antenne et ce sont ces oscillations parasitaires qui donnent les signaux perturbateurs. La foudre, dont l'action se traduit par la friture du téléphone, ne trouble plus les récepteurs un peu éloignés. sa portée n'est pas très grande. Au voisinage des montagnes qui favorisent la formation des nuages et augmentent, par suite, considérablement la chute de potentiel, la fréquence des perturbations est bien plus élevée qu'en pleine campagne. La grêle et la neige donnent aussi naissance, même en hiver, à des signaux parasites qui affectent tout particulièrement les antennes de grand développement. Par ciel uniformément couvert, par temps de pluie ou de brouillard, les perturbations atmosphériques sont plutôt rares. Enfin, leur fréquence et leur intensité croît à mesure qu'on augmente la longueur d'onde de l'antenne réceptrice, ce qui tendrait à démontrer que les courants de charge qui se manifestent dans les couches atmosphériques ont une fréquence très faible.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

L'aimantation des alliages d'Heusler en fonction de la température et calcul du champ magnétique intrinsèque; Percy Wilcox Gumær (*Physical Review*, octobre 1912, p. 288-306).

Etudes comparatives des phénomènes magnétiques. Troisième Partie : Induction magnétique d'un groupe de sphéroïdes aplatis de fer doux; S. R. Williams (*Phsiycal Review*, octobre 1912. p. 282-288).

Sur une méthode de mesure de l'effet Thomson; (*Electrician*, 22 novembre 1912, p. 274). — Résumé d'une communication faite à la Physical Society.

Absorption d'énergie dans les gaz à la pression atmosphérique sous l'influence d'un courant alternatif; A. Chassy (*Journal de Physique*, octobre 1912, p. 826-831). — Il s'agit de la chaleur dégagée dans les appareils à effluves, tels que les tubes à azone.

Étude thermomagnétique de l'acier; S.-W.-J. Smith (*Electrician*, 22 novembre 1912, p. 275). — Résumé d'une communication faite à la Physical Society de Londres.

Les mesures en radioactivité et l'étalon du radium; Mme P. Curie (*Journal de Physique*, octobre 1912, p. 795-826).

Les charges atomiques caractéristiques et les charges moléculaires résultantes; Fernando Sanford (*Physical Review*, octobre 1912, p. 276-282).

Ionisation et propriétés photo-électriques des vapeurs des métaux alcalins; S. Herbert Anderson (*Physical Review*, octobre 1912, p. 239-265).

Sur l'ionisation de l'air par l'arc au mercure sous quartz; Léon et Eugène Bloch (*C. R. Acad. Sciences*, 25 novembre 1912, p. 1076-1078). — L'arc au mercure est enfermé dans une boîte de zinc entiè-


VAINQUEUR DU MONDE
MOTEURS À GAZ
GAZOGÈNES
GRAND PRIX
TURIN 1911
PARIS M.OR 1900
GLASGOW CL.Ier 1905
DERBY M.OR 1906
BRUXELLES M.OR 1910
NATIONAL
LES PLUS GRANDES USINES DU MONDE POUR MOTEURS À EXPLOSION
Compagnie Française des MOTEURS A GAZ "NATIONAL"
Téléphone: 930-42 PARIS - 138 Boulᵈ RICHARD-LENOIR Télégrammes: MOTOGAZ-PARIS
PUBLICITÉ INDUSTRIELLE ARTUS. PARIS.
REPRODUCTION INTERDITE

rement close, sauf un orifice d'amenée et un orifice d'échappement de l'air. On envoie dans la boîte un courant d'air filtré de grand débit, qui passe de là dans un condensateur relié à l'électromètre. Sitôt que l'arc est allumé, le condensateur recueille des charges électriques. Les mesures ont porté presque exclusivement sur les charges positives dont la présence est l'indice certain d'une ionisation en volume. Ces charges ne peuvent être attribuées à la lumière ultraviolette diffusée : on ne recueille en effet aucune charge en l'absence de courant gazeux. Elles ne peuvent davantage êtres dues à la température élevée de l'enveloppe de quartz, qu'on se garde de chauffer jusqu'à l'incandescence : la déviation de l'électromètre suit presque instantanément l'allumage de l'arc et son augmentation lente avec le temps paraît subordonnée au régime lumineux de l'arc. Enfin on ne peut incriminer l'effet photo-électrique sur les poussières encore présentes dans l'air filtré ou sur les centres neutres créés dans celui-ci par la lumière ultraviolette elle-même : en effet des mesures de mobilité ont fait voir que les ions recueillis sont des petits ions. Les auteurs se croient donc en droit de conclure que l'arc au mercure possède la faculté d'ioniser l'air et que l'action ionisante de la lumière se manifeste pour des rayons qui sont loin d'être entièrement absorbés par le quartz.

Sur l'action simultanée de la pesanteur et du champ magnétique uniforme sur un gaz ionisé; GOUY (*C. R. Acad. Sciences*, 25 novembre 1912, p. 1060). — L'auteur a montré récemment que ces actions simultanées déplacent en sens inverse les ions de deux signes, et produisent ainsi un courant électrique, du moins si le gaz est assez raréfié pour que les rencontres ne s'opposent pas à cet effet L'expérience serait réalisable, par exemple, en ionisant le gaz au moyen d'un pinceau de rayons Roentgen, le vase étant placé dans l'entrefer d'un électro-aimant. Pour un gaz spontanément ionisé à haute température, les mêmes conclusions restent valables, à moins toutefois que des ions ne prennent naissance sur les parois elles-mêmes. Ceux-ci, en effet sous l'action du champ magnétique, décrivent des trajectoires qui peuvent les ramener aussitôt à la paroi, et l'on voit aisément que, au bas du vase, le mouvement moyen qui leur est ainsi imprimé est de sens opposé à celui que prennent les ions libres au milieu du gaz, sous l'action de la pesanteur et du champ magnétique. C'est le contraire pour le haut du vase, mais si les ions partent des parois plus abondamment en bas qu'en haut, la différence peut compenser le mouvement des ions existant au sein de la masse gazeuse, et annuler aussi le courant électrique global. La contradiction, signalée par M. Gouy dans son travail antérieur, entre la théorie cinétique et le principe de Carnot peut donc ainsi disparaître, si les ions prennent naissance sur les parois en même temps qu'au sein du gaz, suivant une relation déterminée.

Propriétés optiques des ions dans l'eau; A. HEYDWEILLER (*Phys. Zeits.*, 1er novembre 1912, p. 1010-1013). — En collaboration avec Rubien, Grufki et Lübben, l'auteur a étudié la double réfraction et la dispersion dans le spectre et l'ultraviolet d'une solution ionisée. On peut, ou employer des solutions très étendues pour lesquelles l'ionisation est totale ou des solutions concentrées, à condition de séparer les effets dus aux ions de ceux dus au molécules non dissociées. C'est à ce dernier moyen que ces physiciens ont eu recours, car, pour une solution $\frac{1}{10}$ normale où dans les cas les plus favorables il n'y pas $\frac{9}{10}$ des molécules dissoutes qui soient ionisées, on constate à peine une différence de quelques millièmes entre ses propriétés physiques et celles du dissolvant pur. Ils ont trouvé que la réfraction augmente avec l'ionisation; en appliquant au corps dissous la formule de Gladstone ou celle de Lorenz-Lorentz on trouve un nombre sensiblement constant et très-voisin de celui fourni par le sel solide. M. Grufki qui a fait ses mesures de dispersion pour les 3 raies de l'hydrogène $H\alpha$, $H\beta$ et $H\gamma$, a trouvé que la dispersion de la solution par rapport à celle de l'eau est, dans le domaine du spectre visible, sensiblement indépendante du degré de dissociation électrolytique et qu'elle est presque la même pour les sels ayant même anion, mais des cations monovalents différents; au contraire, cette dispersion varie beaucoup avec la nature de l'anion. Les mêmes particularités se présentent dans l'ultraviolet jusqu'à la longueur d'onde 214 $\mu\mu$. De ces expériences, les auteurs ont encore pu tirer des valeurs de $\frac{q}{m}$ qui variaient entre 1,6 et

$2,5 \times 10^3$, c'est-à-dire qui ne diffèrent pas énormément du nombre obtenu par des mesures électromagnésiques.

Sur les propriétés optiques d'un liquide soumis à l'action simultanée de deux champs électrique et magnétique, et sur la symétrie moléculaire; A. Cotton (*C. R. Acad. d. Sciences*, 9 décembre 1912, p. 1232-1234). — La biréfringence magnétique des liquides s'explique par l'orientation moléculaire. D'autre part on explique de la même façon la biréfringence électrique de Kerr. Dans sa note l'auteur montre que la réalisation simultanée d'un champ électrique et d'un champ magnétique permettrait d'obtenir par l'étude systématique des propriétés optiques des liquides soumis à ces champs, des renseignements non seulement sur l'anisotropie des molécules mais sur leur symétrie elle-même. Malheureusement l'exécution de ce programme est empêchée par les dimensions trop restreintes des électro-aimants actuels. Aussi l'auteur termine-t-il en attirant l'attention de l'Académie sur l'utilité de la construction d'un très gros électro-aimant, qui serait d'ailleurs très précieux pour d'autres recherches.

Le phénomène de rotation de Kerr dans les champs magnétiques transversaux et la vérification expérimentale de la théorie magnéto-optique de Wind; L.-R. Ingersoll (*Physical Review*, octobre 1912, p. 312-322).

Nouvelle mesure de la décomposition magnétique des raies de la deuxième série secondaire du zinc, et vérification quantitative de la loi de Preston; R. Fortrat (*C. R. Acad. Sciences*, 9 décembre 1912, p. 1237-1239). — Dans les mesures spectroscopiques dans les champs magnétiques, la connaissance exacte de ces champs est nécessaire pour rendre les mesures comparables. Or, la mesure directe d'un champ magnétique exige un montage spécial, souvent impraticable; il serait dès lors désirable qu'on s'entendît pour la faire à l'aide de la décomposition magnétique de raies connues L'auteur estime que les raies du triplet bleu du zinc s'y prêtent bien, surtout la raie 4680, qui donne un triplet magnétique d'écart double de l'écart normal. Il a dans ce but entrepris des mesures précises donnant la variation de λ en fonction de la valeur du champ H, relation qui permettra aux spectroscopistes de déduire H par la mesure de $\delta\lambda$.

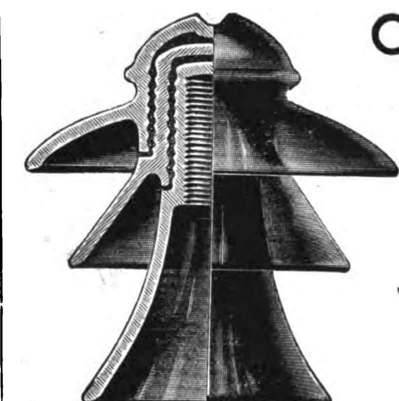
Sur la double réfraction des verres trempés et méthode permettant de la mesurer; Hans Schulz (*Phys. Zeits.*, 1er novembre 1912, p. 1017-1029).

VARIÉTÉS

Les monteurs pour installations électriques à courant faible; Karl Scheibe (*E. T. Z.*, 5 décembre 1912, p. 1268-1269). — L'auteur constate d'abord la pénurie d'ouvriers qui se remarque dans les installations à courant faible; il indique les conditions que doit remplir un bon monteur et propose un certain nombre de mesures susceptibles de favoriser la formation et l'instruction de cette catégorie de travailleurs.

Le développement de l'industrie électrique en Espagne; (*E. T. Z.* 5 décembre 1912, p. 1273-1275).

Appareillage pour démontrer les lois de la résistance de l'air; W. König (*Phys. Zeits.*, 1er novembre 1912, p. 1013-1017). — Cet appareillage construit par la Maison Pfeiffer, de Wetzlar, sur les indications de l'auteur, est combiné pour permettre de donner, dans les cours, une démonstration expérimentale des lois de la résistance de l'air, Pour produire un courant d'air, on se sert d'un ventillateur électrique dont les ailettes tournent à l'embouchure d'un tube légèrement conique; ce ventilateur est indépendant du moteur qui l'entraîne par accouplement élastique. De l'autre côté du tube, large de 20 cm, on dispose les plaques sur lesquelles on veut mesurer la pression en fonction de la vitesse du courant d'air de la grandeur et de la forme des plaques. L'appareil comprend essentiellement une tige de laiton suspendue à deux bifilaires; à l'une des extrémités se vissent des plaques dont les déplacements sont repérés par un index sur une échelle divisée horizontale. On démontre très bien ainsi que la pression est proportionnelle au carré de la vitesse de l'air. Un troisième appareil sert à mesurer les composantes horizontales et verticale de la pression du vent tombant obliquement sur des plaques. C'est le plus important, au point de vue de son application à la technique de l'aviation. Si l'on porte en abscisses les angles et en ordonnées les valeurs des composantes, on trouve pour les composantes verticales un maximum correspondant à un angle d'attaque du vent égal à 30°, pour des vitesses de 65, 113 et 162 m : s. La dissymétrie des courbes répond parfaitement à la théorie de Lord Rayleigh. Il est aussi facile de montrer que le point d'application de la pression du vent dépend de l'angle que fait sa direction avec la plaque; l'auteur décrit l'appareil correspondant et discute théoriquement les particularités de sa construction.



CHARBONNEAUX & CIE

Verreries de Reims

FOURNISSEURS des POSTES et TÉLÉGRAPHES

et des Grandes Sociétés d'Électricité

Téléphone 193

ISOLATEURS EN VERRE " SPÉCIAL "

DES VERRERIES DE REIMS

Pour Basses et Hautes Tensions

AGENT A PARIS :

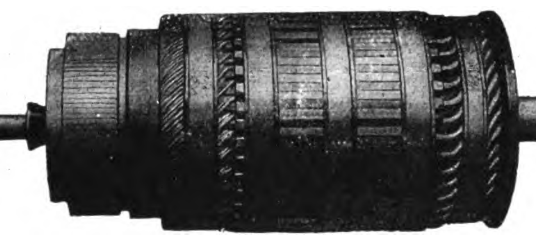
H. PARADIS.

26, rue du Rocher.

Téléph. 593-59

LABORATOIRE D'ESSAIS ÉLECTRIQUES A L'USINE

Transformateur à 200.000 volts



RÉPARATIONS
TRANSFORMATIONS

LOCATION
ACHAT - ÉCHANGE

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE NEUF et D'OCCASION

Cie UNIVERSEL ÉLECTRIC. — Etablissements ROULLAND F^res (A. et M.) (ESEP)

35, Rue de Bagnolet - PARIS *Télégr. :* Unilectric - *Téléph. :* 929-19

DEMANDER NOTRE CATALOGUE CONTINU ET ALTERNATIF

C^IE G^LE D'ÉLECTRICITÉ DE CREIL

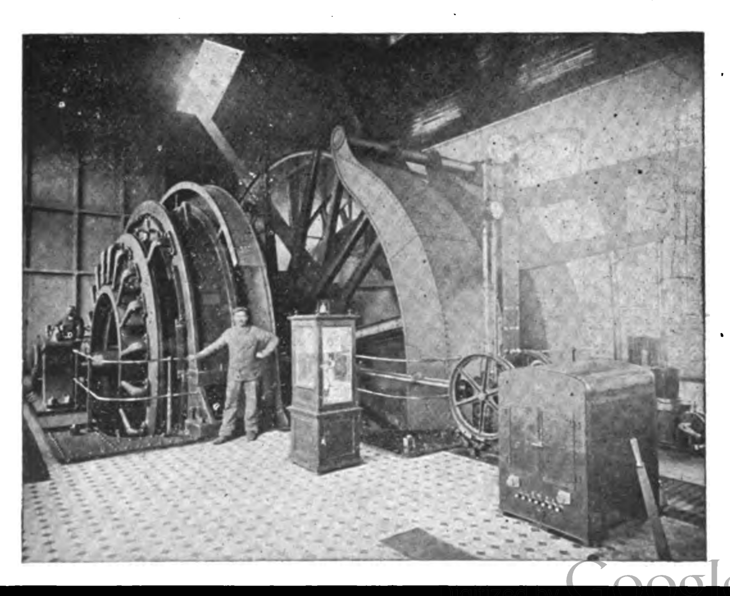
Société Anonyme. Capital 3.800.000 frs.

Siège Social :
PARIS
19, rue Louis-le-Grand

Seule Concessionnaire pour la France et les Colonies des
BREVETS et PROCÉDÉS *SIEMENS-SCHUCKERT*

Usines :
A CREIL
(Oise)

MATÉRIEL
A COURANT CONTINU ET ALTERNATIF
MONO- ET POLYPHASE
DE TOUTES PUISSANCES
MATÉRIEL POUR MINES



TRANSPORT D'ÉNERGIE
STATIONS CENTRALES — TRACTION
APPAREILS DE LEVAGE
MACHINES D'EXTRACTION — LAMINOIRS
COMPTEURS — LAMPES A ARC, ETC.

BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin
(H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.), 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

446521. Porte. — Appareil de contrôle d'équilibre pour réseaux électriques, 25 juillet 1912.

446522. Porte. — Conjoncteur-disjoncteur automatique, 25 juillet 1912.

446533. Compagnie d'Électricité de l'Ouest parisien et Berland. — Support tubulaire et chapeau métallique permettant le passage intérieur isolé et réglementaire de câbles électriques, 25 juillet 1912.

446599. Compagnie d'Électricité de l'Ouest parisien et Brenner. — Limiteur thermique d'intensité et de temps, 27 juillet 1912.

446663. Kovacs. — Commutateur de coupecircuit, 30 juillet 1912.

446680. Société Landers Frary et Clark. — Fiche de contact, 30 juillet 1912.

446698. Brunel. — Perfectionnements dans les appareils conjoncteurs-disjoncteurs pour installations électriques, 31 juillet 1912.

446488. Plaisant. — Dispositif pour obtenir l'allumage et l'extinction automatiques de lampes électriques devant fonctionner temporairement, 24 juillet 1912.

446636. Teillard. — Lampe à arc pour courant alternatif 29 juillet 1912.

446846. Société anonyme Westinghouse. — Perfectionnements dans les locomotives électriques, 2 août 1912.

446855. Firme Bergmann Elektricitats Werke A. G. — Dispositif pour retendre les conducteurs aériens de chemins de fer électriques, 2 août 1912.

446872. Bouvet. — Transmetteur téléphonique, 12 octobre 1911.

446917. Heurtley. — Perfectionnements dans le fonctionnement des circuits télégraphiques, etc., 5 août 1912.

446939. Schneider. — Dispositif de réception pour ondes électriques, 6 août 1912.

16264+420880. Société française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Dispositif de comptage automatique de communications téléphoniques, 7 octobre 1911.

446750. Marino. — Perfectionnements à la fabrication des accumulateurs électriques, 1er août 1912.

446761. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Mode d'entraînement pour convertisseur de fréquence, 8 octobre 1911.

446799. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Procédé de commande automatique de moteurs électriques, 10 octobre 1911.

446877. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Procédé de fabrication des plaques d'accumulateurs 13 octobre 1911.

446920. Société A. G. Brown-Boveri et Cie. — Dispositif pour mettre en courtcircuit et relever les balais des moteurs d'induction, 5 août 1912.

446921. Société A. G. Brown-Boveri et Cie. — Dynamo complètement blindée, 5 août 1912.

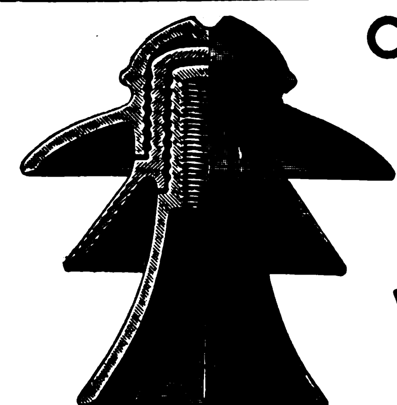
446932. Compagnie française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Moteur alternatif à collecteur à vitesse réglable, 6 août 1912.

16293 439011. Barrié et Delamour. — Disjoncteur-conjoncteur avec mise en résistance automatique, 1er août 1912.

446830. Zander. — Interrupteur de sûreté pour les compteurs électriques à prépaiement, 2 août 1912.

446912. Compagnie française pour la fabrication des Compteurs et Matériel d'usines a gaz. — Compteur moteur d'électricité, 5 août 1912.

446931. Compagnie française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Perfectionnements au mécanisme des interrupteurs à huile, 6 août 1912.



CHARBONNEAUX & Cie

Verreries de Reims

FOURNISSEURS des POSTES et TÉLÉGRAPHES

et des Grandes Sociétés d'Électricité

Téléphone 193

ISOLATEURS EN VERRE " SPÉCIAL "

DES VERRERIES DE REIMS

Pour Basses et Hautes Tensions

LABORATOIRE D'ESSAIS ÉLECTRIQUES A L'USINE

Transformateur à 200.000 volts

AGENT A PARIS :

H. PARADIS.

26, rue du Rocher.

Téléph. 593-59



RÉPARATIONS
TRANSFORMATIONS

LOCATION
ACHAT - ÉCHANGE

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE NEUF et D'OCCASION

Cie UNIVERSEL ÉLECTRIC. — Etablissements ROULLAND Fres (A. et M.) (ESEP)

35, Rue de Bagnolet - PARIS — *Télégr. :* Unilectric - *Téléph. :* 929-19

DEMANDER NOTRE CATALOGUE CONTINU ET ALTERNATIF

Cie Gle D'ÉLECTRICITÉ DE CREIL

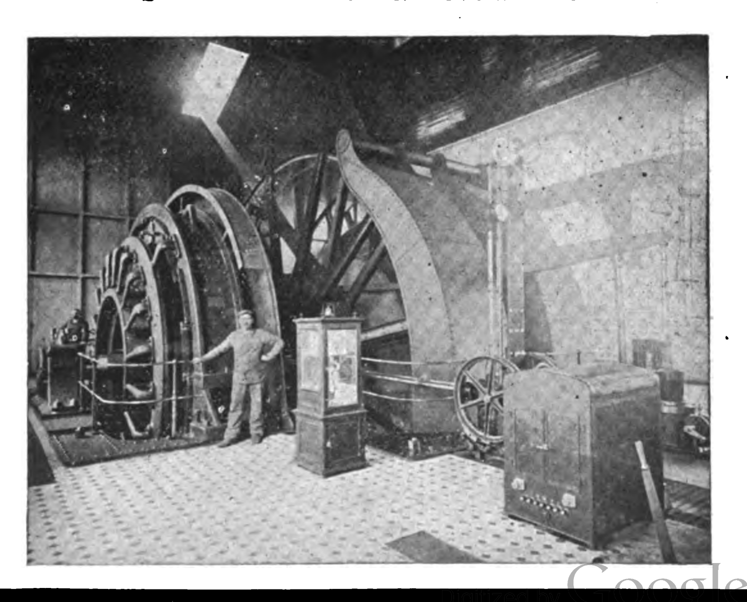
Société Anonyme. Capital 3.800.000 frs.

Siège Social : PARIS 19, rue Louis-le-Grand

Seule Concessionnaire pour la France et les Colonies des BREVETS et PROCÉDÉS *SIEMENS-SCHUCKERT*

Usines : A CREIL (Oise)

MATÉRIEL
A COURANT CONTINU ET ALTERNATIF
MONO- ET POLYPHASE
DE TOUTES PUISSANCES
MATÉRIEL POUR MINES



TRANSPORT D'ÉNERGIE
STATIONS CENTRALES — TRACTION
APPAREILS DE LEVAGE
MACHINES D'EXTRACTION — LAMINOIRS
COMPTEURS — LAMPES A ARC, ETC.

BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin (H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.), 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

446521. Porte. — Appareil de contrôle d'équilibre pour réseaux électriques, 25 juillet 1912.
446522. Porte. — Conjoncteur-disjoncteur automatique, 25 juillet 1912.
446533. Compagnie d'Électricité de l'Ouest parisien et Berland. — Support tubulaire et chapeau métallique permettant le passage intérieur isolé et réglementaire de câbles électriques, 25 juillet 1912.
446599. Compagnie d'Électricité de l'Ouest parisien et Brenner. — Limiteur thermique d'intensité et de temps, 27 juillet 1912.
446663. Kovacs. — Commutateur de coupecircuit, 30 juillet 1912.
446680. Société Landers Frary et Clark. — Fiche de contact, 30 juillet 1912.
446698. Brunel. — Perfectionnements dans les appareils conjoncteurs-disjoncteurs pour installations électriques, 31 juillet 1912.
446488. Plaisant. — Dispositif pour obtenir l'allumage et l'extinction automatiques de lampes électriques devant fonctionner temporairement, 24 juillet 1912.
446636. Teillard. — Lampe à arc pour courant alternatif 29 juillet 1912.
446846. Société anonyme Westinghouse. — Perfectionnements dans les locomotives électriques, 2 août 1912.
446855. Firme Bergmann Elektricitats Werke A. G. — Dispositif pour retendre les conducteurs aériens de chemins de fer électriques, 2 août 1912.
446872. Bouvet. — Transmetteur téléphonique, 12 octobre 1911.
446917. Heurtley. — Perfectionnements dans le fonctionnement des circuits télégraphiques, etc., 5 août 1912.
446939. Schneider. — Dispositif de réception pour ondes électriques, 6 août 1912.
16264+420880. Société française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Dispositif de comptage automatique de communications téléphoniques, 7 octobre 1911.
446750. Marino. — Perfectionnements à la fabrication des accumulateurs électriques, 1er août 1912.
446761. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Mode d'entraînement pour convertisseur de fréquence, 8 octobre 1911.
446799. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Procédé de commande automatique de moteurs électriques, 10 octobre 1911.
446877. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Procédé de fabrication des plaques d'accumulateurs 13 octobre 1911.
446920. Société A. G. Brown-Boveri et Cie. — Dispositif pour mettre en courtcircuit et relever les balais des moteurs d'induction, 5 août 1912.
446921. Société A. G. Brown-Boveri et Cie. — Dynamo complètement blindée, 5 août 1912.
446932. Compagnie française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Moteur alternatif à collecteur à vitesse réglable, 6 août 1912.
16293 439011. Barrié et Delamour. — Disjoncteur-conjoncteur avec mise en résistance automatique, 1er août 1912.
446830. Zander. — Interrupteur de sûreté pour les compteurs électriques à prépaiement, 2 août 1912.
446912. Compagnie française pour la fabrication des Compteurs et Matériel d'usines a gaz. — Compteur moteur d'électricité, 5 août 1912.
446931. Compagnie française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Perfectionnements au mécanisme des interrupteurs à huile, 6 août 1912.

Résultats d'exploitation. — Le tableau ci-dessous indique les recettes de quelques sociétés d'électricité pendant le mois d'octobre et pendant les dix premiers mois de 1912.

DÉSIGNATION.	RECETTES du mois d'octobre 1912	RECETTES depuis le début de l'année	DIFFÉRENCE Augment. en faveur de 1912
	fr	fr	
Énergie électrique du Nord de la France	270431	2278097	437693
Société roubaisienne d'Éclairage	288596	2272591	122495
Électrique Lille, Roubaix, Tourcoing	180811	1650180	77428
Énergie électrique du Centre.	319794	2863816	406719
Compagnie électrique de la Loire	290592	2595048	328759
Société générale de Forces motrices et d'Éclairage de la Ville de Grenoble	47733	357577	15223
Société des Forces motrices du Haut-Grésivaudan	58529	555968	86192
Union électrique	93463	837234	240778
Est-Lumière	425789	3618752	548904
Société d'Électricité de Caen.	66917	523361	108523
Société méridionale de Transport de Force	164834	1433928	154688
Sud-Électrique	206260	1632173	366891
Est-Électrique	69800	504149	231212
Électricité de Bordeaux et du Midi	136407	995754	103456
Énergie électrique du Sud-Ouest	195723	1488563	372277
Énergie électrique du Littoral méditerranéen	550008	5566196	673597
Chemins de fer électriques départementaux de la Haute-Vienne	51946	382097	251138
Tramways de Roubaix-Tourcoing	192603	1702651	—112531 (1)

(1) La différence négative s'explique par le fait qu'en 1911 se tenait l'Exposition de Roubaix.

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Bretteville (Calvados). — Des pourparlers seraient engagés entre la municipalité et la Société d'Électricité de Caen pour l'éclairage électrique de cette commune.

Laon (Aisne). — Le Conseil municipal étudierait actuellement un projet de traité pour la concession de l'éclairage électrique pendant 40 ans.

Chinon (Indre-et-Loire). — On annonce que le Conseil municipal aurait accepté les offres de la Compagnie chinonnaise d'électricité pour l'éclairage électrique de la ville.

Murat (Cantal). — Un avis favorable aurait été donné aux propositions de la Société d'éclairage électrique de Murat.

Vervins (Aisne). — Le maire aurait été autorisé à traiter avec M. Arnu pour l'installation de l'éclairage électrique de la ville.

Ferrières (Loiret). — Le Conseil municipal a, paraît-il, nommé une Commission pour étudier un projet d'éclairage électrique.

Marvejols (Lozère). — On annonce que deux Sociétés ont fait des offres pour l'installation de l'éclairage électrique.

Avesnes-le-Comte (Pas-de-Calais). — Le Conseil municipal aurait voté un projet d'installation d'une usine municipale électrique.

Annappes (Nord). — Le Conseil municipal a, paraît-il, approuvé un contrat avec le Central Electric du Nord pour l'éclairage de la commune.

Fontaine-le-Bourg (Seine-Inférieure). — La municipalité aurait mis à l'étude un projet d'éclairage électrique de la commune.

Villecroze (Var). — Le Conseil municipal aurait décidé l'installation de l'éclairage électrique dans la commune.

Gif (Seine-et-Oise). — Un projet d'éclairage électrique serait actuellement à l'étude.

Bourbonne (Haute-Marne). — La municipalité aurait l'intention de faire installer l'électricité dans cette ville.

Armentières (Nord). — On annonce que le Conseil municipal a approuvé la demande de concession de distribution d'énergie électrique présentée par la Société Électricité et Gaz du Nord.

Taradeau (Var). — Le maire aurait été chargé de discuter les conditions concernant l'installation de l'éclairage électrique.

Lacoque (Gironde). — Une Commission municipale aurait été nommée en vue de statuer sur le projet d'éclairage électrique de la ville.

Ampuis (Rhône). — La Société du Vercors a, paraît-il, été nommée concessionnaire de la fourniture de la force motrice dans cette ville.

Epoye (Marne). — L'éclairage électrique va, paraît-il, être installé dans cette commune.

Aubeterre-sur-Drôme (Charente). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique.

Laigle (Orne). — Une Commission aurait été nommée pour étudier le projet d'installation de l'électricité.

Robiac (Gard). — On annonce que le Conseil municipal vient d'approuver le Cahier des charges pour l'éclairage électrique de la commune.

Neufmoutiers (Seine-et-Marne). — La municipalité aurait décidé de faire installer l'électricité dans la commune.

Divers.

Congrès de Tunis de l'Association française pour l'avancement des Sciences. — Le Congrès annuel de l'A. F. A. S. aura lieu cette année à Tunis du 22 au 28 mars. En voici le programme général.

Premier jour, samedi 22 mars. — Jour de l'arrivée. Ouverture solennelle du Congrès au théâtre, à 3 h de l'après-midi. Le soir, réception des congressistes par la municipalité (champagne d'honneur au Palmarium).

Deuxième jour, dimanche de Pâques. — Excursion générale. Matin : Tunis, Souks, Bardo (une demi-journée). Après-midi : Tunis, Carthage (une demi-journée).

Troisième jour, lundi de Pâques. — Matin : séances de sections. Après-midi : inauguration de la statue de Ph. Thomas, visites au Jardin d'Essais de l'Institut Pasteur, aux Monopoles, à l'usine des superphosphates.

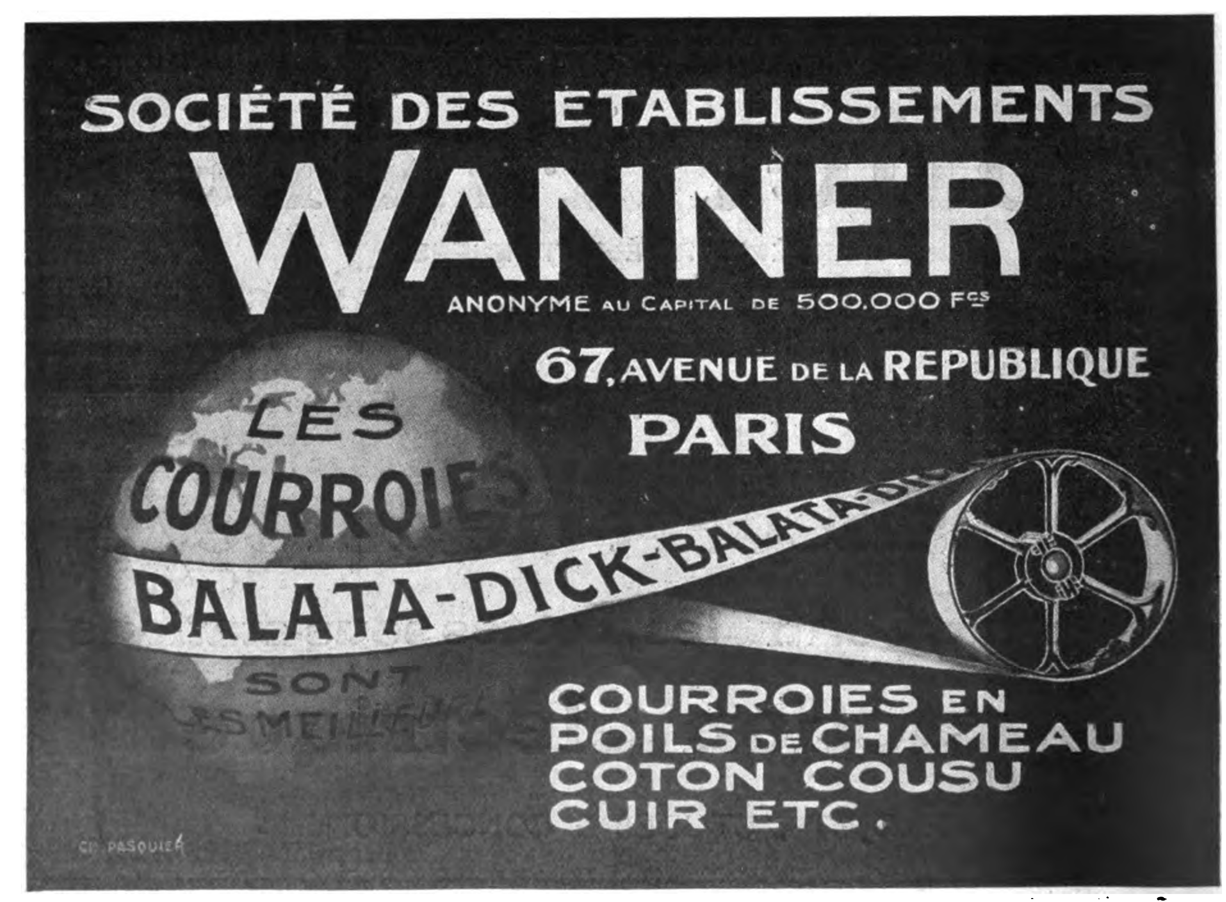
Quatrième jour, mardi. — Excursions au choix : *a.* Tunis, Bizerte, Ferryville; *b.* Tunis, Potinville, Mornag; *c.* Tunis, Korbous.

Cinquième jour, mercredi. — Matin : séances de sections. Après-midi : inauguration des locaux de la Direction générale de l'Enseignement et du Service de l'élevage. Excursions libres au Jardin d'Essais et à l'École coloniale d'Agriculture.

Sixième jour, jeudi. — Matin : séances des sections. Après-midi, 2 h : séance de clôture au théâtre.

Septième jour et suivants. — Après la clôture du Congrès, excursions finales au choix : *a.* Tunis, Dougga (1 jour); *b.* Tunis, Sousse, Kairouan (2 jours); *c.* Tunis (grand circulaire tunisien), Sousse, Kairouan, Sbeïtla, Henchir, Metlaoui, Tozeur, Gafsa, Sfax, Sousse, Tunis (4 jours).

Pour s'inscrire au Congrès, s'adresser au siège de l'Association, 28, rue Serpente, Paris, 6e.



Recherches expérimentales et théoriques sur la commutation dans les Dynamos à courant continu, par A. MAUDUIT, ancien élève de l'École Polytechnique, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Nancy. Un vol. 25 cm × 18 cm, 292 pages, 150 figures. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris, 6e. Prix, broché, 9 fr.

Tout le monde sait quelle est l'importance du phénomène de la commutation dans les machines électriques à collecteurs, et spécialement dans un certain nombre de ces machines, dont le rôle devient de plus en plus important dans l'industrie moderne, telles que les turbo-dynamos, les moteurs monophasés et polyphasés à collecteurs et les commutatrices.

Malgré le grand nombre de travaux de tout genre, théoriques et expérimentaux, effectués sur ce sujet par les électriciens les plus célèbres, le phénomène de la commutation est resté un des points les plus confus et les plus obscurs de l'électrotechnique, et c'est peut-être dans ce domaine qu'on trouve les écarts les plus grands et les plus imprévus entre les résultats de la pratique et les prévisions du calcul.

Enseignant depuis douze ans l'Electrotechnique appliquée à l'Institut de Nancy, M. Mauduit a suivi pas à pas toutes les évolutions de la théorie de la commutation et les discussions sans nombre auxquelles elle a donné lieu entre les techniciens; il a, de son côté, exécuté depuis deux ans, de nombreuses recherches expérimentales dans ce domaine.

L'Ouvrage qu'il présente aujourd'hui au public comprend deux Parties distinctes : d'abord, une bibliographie critique de la commutation, ensuite l'exposé des recherches personnelles de l'auteur et des conclusions qui s'en dégagent.

Dans la première Partie, l'auteur, après avoir exposé la théorie élémentaire du décalage des balais, montre comment l'hypothèse de Th. Reid, sur le rôle de la densité de courant dans la formation des étincelles, a conduit à l'équation différentielle classique, dite d'Arnold, acceptée avec enthousiasme au début par tous les électriciens; il résume les discussions passionnées auxquelles ont donné lieu les divergences qu'on ne tarda pas à constater entre cette théorie et la pratique, et décrit les tentatives faites pour établir, par le raisonnement et par l'expérience, certains points très controversés de la théorie de la dynamo, tels que les lois des phénomènes de contact entre balais et collecteurs, le fonctionnement de pôles auxiliaires et le rôle effectif du champ propre de l'induit.

En un mot, cette première Partie constitue un aperçu à la fois succinct et complet de l'état actuel des connaissances acquises sur le phénomène de la commutation.

Le reste de l'Ouvrage est consacré aux recherches personnelles. L'auteur décrit d'abord en détail le système de commutation artificielle qu'il a imaginé pour reproduire le phénomène, en se ménageant la possibilité de ne faire agir que telle ou telle des nombreuses variables qui interviennent simultanément d'une façon complexe, dans la dynamo industrielle : savoir les résistances et self-induction de la section et les forces électromotrices dues aux champs en présence; il expose ensuite les divers tâtonnements qui ont précédé la mise au point du système, et les dispositifs perfectionnés de rodage auxquels il a dû recourir, par suite des difficultés considérables qu'on éprouve à obtenir des contacts convenables.

L'étude de la commutation dans une section ne comprenant d'abord qu'une résistance pure, puis une résistance inductive, et enfin, une force électromotrice auxiliaire, lui a permis de préciser les lois véritables du contact, les limites de la commutation sans étincelles et la formation des étincelles, tant sous les balais métalliques que sous les balais de charbons, de quelques types très utilisés dans l'industrie; il a pu aussi démontrer que le rôle des résistances de contact dans la commutation est beaucoup moins important que celui qu'on leur prête généralement et que, par suite, les théories modernes basées sur des hypothèses inexactes, quant aux lois de contact, ne conduisent, malgré les calculs inextricables qu'elles comportent, qu'à des résultats sans grande valeur pratique.

Un dernier Chapitre est consacré à l'étude expérimentale du rôle du champ de l'induit et de la véritable valeur de la self-induction de la section, et l'Ouvrage se termine par un résumé succinct des résultats acquis.

Die Beleuchtung von Eisenbahn-Personen Wagen, L'éclairage des trains de voyageurs, par Max BUTTNER, 2e édition, septembre 1912, Julius Springer, éditeur. Prix : 6 mk.

Cette deuxième édition de l'Ouvrage publié il y a 7 ou 8 ans par M. Büttner sur l'éclairage électrique des trains a été notablement augmentée. L'Ouvrage contient tout un Chapitre nouveau sur les systèmes d'éclairage non électriques des trains, tels que ceux par manchons incandescents au gaz d'huile ou par l'acétylène dissous dans l'acétone.

On y trouve une description détaillée de tous les systèmes électriques employés actuellement et qui ont d'ailleurs été tous décrits au fur et à mesure de leur apparition dans la *Revue électrique* ou, avant la création de celle-ci, dans la *Lumière électrique*. L'auteur, qui a contribué à la création du système de la Société de l'Accumulateur Tudor, a néanmoins exposé avec une parfaite impartialité les caractéristiques des autres systèmes. Sa grande compétence de la question lui a permis de réaliser un travail très complet.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES (1)

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

FORCE MOTRICE. — *Sur le projet de loi italien concernant la construction des réservoirs et des lacs artificiels*; F. RUFFOLO (*Atti d. Assoc. Elett. Italiana*, 31 août 1912, p. 687-714). — Dans une précédente communication faite en 1906, M. Ruffolo donnait une statistique complète des forces hydrauliques en périodes de basses eaux pour les rivières de l'Italie centrale et méridionale et concluait à la nécessité de créer des réservoirs pour utiliser les crues. Or le coût des barrages ne permet pas, dans la généralité des cas, d'exécuter de semblables travaux sans le secours de l'État, et c'est ce qu'on a bien compris en Espagne où grâce à l'intervention de l'État les constructions de barrages sont nombreuses. La loi présentée le 5 mars à la Chambre des Députés italiens ne semble pas à M. Ruffolo devoir donner les résultats escomptés. Cette loi encourage bien la construction des réservoirs qui pourront être construits dans les vallées où l'État doit exécuter des ouvrages hydrauliques nécessaires au bon régime des rivières et cet encouragement consiste en des subventions qui pourront atteindre le montant des ouvrages qui étaient à la charge de l'État et qui seraient économisés par les réservoirs. Par contre, pour tous les réservoirs qui pourront être projetés dans les vallées où il n'y a pas d'ouvrages à construire par l'État et où par conséquent l'État n'a rien à épargner, le montant total de toutes ces subventions, pour l'Italie entière, sera de 500 000 fr seulement. Le projet présenté serait donc plutôt une loi d'intérêt particulier qu'une loi d'intérêt général. M. Ruffolo montre ensuite les difficultés d'application des articles du projet. Suivant lui, le gouvernement devrait revenir sur ce projet en s'inspirant de son travail de 1906.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Emploi des flammes comme détecteurs d'ondes électriques; G. LEITHAUSER (*Phys. Zeits.*, 15 septembre 1912, p. 892-894). — Les gaz de la flamme d'un brûleur Bunsen ont une grande conductivité, qu'on peut mettre en évidence même à l'aide d'un galvanomètre de moyenne sensibilité et une faible force électromotrice; cette conductivité augmente considérablement par l'introduction d'un sel dans la flamme, principalement des sels de potassium, et l'on remarque que le courant ne passe que dans un seul sens. L'auteur cherche à utiliser cette conductivité unilatérale pour faire de la flamme un détecteur d'ondes électriques. Le dispositif expérimental est très simple. On réunit les pôles d'une bobine d'induction de 5 cm d'étincelle à deux électrodes écartées de 5 mm seulement; l'une étant reliée à une antenne filiforme de 1,50 m de longueur; l'autre à un contrepoids constitué par un fil de 1,50 m de longueur également, avec insertion d'une capacité sur chaque fil. A 10 ou 20 m de distance se trouve le système récepteur constitué par une antenne et un contrepoids identiques aux précédents et connectés aux deux électrodes plongées dans la flamme d'un bec Méker, qui convient le mieux à cause de sa flamme chaude et tranquille. Comme électrodes, un fil de cuivre de 1 mm de diamètre, disposé dans la flamme à 0,5-1 cm au-dessus d'une cuillère en platine contenant un sel de potassium, fondu, ont donné d'excellents résultats Le téléphone doit avoir une très grande résistance; il fonctionne avec ou sans force électromotrice auxiliaire. L'électrode de platine doit être portée au rouge blanc de façon que le sel soit fondu; les vapeurs métalliques sont insuffisantes pour produire un effet détecteur, de même celui-ci disparaît par la substitution d'un bec Bunsen à un bec Méker, ce qui démontre qu'il dépend surtout de l'uniformité de température du gaz. Les meilleurs résultats sont obtenus avec un fil de platine au lieu d'une capsule à l'extrémité duquel perle une goutte du sel fondu, soit K^2CO^3. Dans toutes ces expériences, un galvanomètre inséré dans le circuit décèle l'existence d'un courant de $8,4 \times 10^{-5}$ ampère avec la cuillère et $41,1 \times 10^{-5}$ ampère avec le fil de platine et la perle de sel fondu. La flamme se comporte donc comme un élément

(1) Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.

de pile; cependant l'effet détecteur n'est pas proportionnel à l'intensité du courant. Celui-ci est bien plus faible avec les sels de Na, Li, Sr, Ba, qui ne conviennent pas davantage pour déceler les ondes. Le courant circule de l'électrode chargée de sel au fil de cuivre. Quand on remplace le fil de cuivre par une lame du même métal, la flamme n'agit plus comme détecteur: il faut élever considérablement la température de la lame qui se refroidit plus rapidement à cause de la couche d'oxyde qui la recouvre. Quand l'électrode supérieure est également en platine, il suffit de la porter à une température un peu supérieure à celle de l'électrode chargée de sel pour renverser le sens du courant, mais on constate toujours l'effet détecteur. Ces expériences montrent le rôle important que joue la différence de température des électrodes. Pour l'étudier, l'auteur prend pour électrode supérieure un fil très fin de platine, qui est suspendu verticalement dans la flamme; la deuxième électrode est toujours un fil de 1 mm de diamètre avec perle de sel. Un courant de 0,4 à 0,5 milliampère prend naissance avec ce dispositif; le pouvoir détecteur est augmenté et atteint son maximum pour un écartement de 5 mm entre électrodes. Au-dessous, la perception des signaux devient de plus en plus faible; elle disparaît à 2 mm, pour reparaître très faible quand on diminue encore la distance entre les électrodes. Une tension auxiliaire de 12 volts redonne à peu près la sensibilité correspondant à 5 mm. La sensibilité de ce dispositif est pour le moins comparable à celle d'un détecteur électrolytique.

Exemple d'un projet d'établissement d'une station radiotélégraphique; Shunkichi-Kimura (*Electrician*, 18 octobre 1912, p. 50-54).

Influence du magnétisme terrestre sur la télégraphie sans fil; C. Chree (*Electrician*, 29 novembre 1912, p. 313).

Observations radiotélégraphiques pendant l'éclipse de soleil du 17 avril 1912 (Communication du bureau des recherches des télégraphes impériaux); F. Kiebitz (*Phys. Zeits.*, 15 septembre 1912, p. 890-892). — Cette éclipse a fourni une excellente occasion pour étudier l'influence du rayonnement solaire sur les différences de portée observées entre le jour et la nuit. A cet effet, la station de Norddeich fut chargée d'émettre un signal toutes les 5 minutes de 12 h à 15 h, en se servant d'une longueur d'onde de 1650 m, pour laquelle les portées de cette station sont bien connues. Sept autres stations (27 km, 450 km (trois fois), 460 km, 670 km et 760 km) devaient apprécier l'énergie des signaux d'après la méthode du shunt, c'est-à-dire par la résistance qu'il fallait mettre en dérivation sur le téléphone pour atteindre la limite de perception. Ainsi, pour le poste de Dantzig (750 km de Norddeich), les intensités de jour varient entre 10 et 40 ohms; celles de nuit, entre 1 et 30 ohms. A. Schoneberg (450 km), les intensités oscillent entre 20 et 8 ohms le jour, contre 12 et 2 ohms la nuit. D'après les observations de cinq de ces stations, l'éclipse semble n'avoir eu aucune influence sur la réception; mais la puissante station d'Eberswalde (460 km) et la station éloignée de Dantzig ont constaté une amélioration sensible de la transmission pendant une heure après la phase maximum de l'éclipse.

APPLICATIONS THERMIQUES.

Considérations générales sur la cuisson et le chauffage électriques; K. Fischer (*Helios Zeits.*, 4 août 1912, p. 381-382). — L'auteur discute non seulement la question du prix de l'énergie électrique, mais encore celle du prix de l'installation qu'il considère comme la plus importante.

Four électrique pour laboratoire de Calhane et Bard; Paul Janisch (*Helios Zeits.*, 24 novembre 1912, p. 588-589).

ÉCLAIRAGE.

Les principes essentiels de l'éclairage; Arthur J. Rowland (*Trans. of Illum. Eng'ing Soc.*, juin 1912, p. 315-341).

La Physique de la lumière; Geo. A. Hoadley (*Trans. of Illum. Eng'ing Society*, juin 1912, p. 288-315).

Rapports sur l'éclairage indirect, semi-indirect, et direct; Thomas W. Rolph, J.-G. Henninger, S.-G. Hibben (*Trans. of Illum. Eng'ing Soc.*, p. 234-288, juin 1912).

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES (1)

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Force motrice. — *Sur le projet de loi italien concernant la construction des réservoirs et des lacs artificiels*; F. Ruffolo (*Atti d. Assoc. Elett. Italiana*, 31 août 1912, p. 687-714). — Dans une précédente communication faite en 1906, M. Ruffolo donnait une statistique complète des forces hydrauliques en périodes de basses eaux pour les rivières de l'Italie centrale et méridionale et concluait à la nécessité de créer des réservoirs pour utiliser les crues. Or le coût des barrages ne permet pas, dans la généralité des cas, d'exécuter de semblables travaux sans le secours de l'État, et c'est ce qu'on a bien compris en Espagne où grâce à l'intervention de l'État les constructions de barrages sont nombreuses. La loi présentée le 5 mars à la Chambre des Députés italiens ne semble pas à M. Ruffolo devoir donner les résultats escomptés. Cette loi encourage bien la construction des réservoirs qui pourront être construits dans les vallées où l'État doit exécuter des ouvrages hydrauliques nécessaires au bon régime des rivières et cet encouragement consiste en des subventions qui pourront atteindre le montant des ouvrages qui étaient à la charge de l'État et qui seraient économisés par les réservoirs. Par contre, pour tous les réservoirs qui pourront être projetés dans les vallées où il n'y a pas d'ouvrages à construire par l'État et où par conséquent l'État n'a rien à épargner, le montant total de toutes ces subventions, pour l'Italie entière, sera de 500 000 fr seulement. Le projet présenté serait donc plutôt une loi d'intérêt particulier qu'une loi d'intérêt général. M. Ruffolo montre ensuite les difficultés d'application des articles du projet. Suivant lui, le gouvernement devrait revenir sur ce projet en s'inspirant de son travail de 1906.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Emploi des flammes comme détecteurs d'ondes électriques; G. Leithauser (*Phys. Zeits.*, 15 septembre 1912, p. 892-894). — Les gaz de la flamme d'un brûleur Bunsen ont une grande conductivité, qu'on peut mettre en évidence même à l'aide d'un galvanomètre de moyenne sensibilité et une faible force électromotrice; cette conductivité augmente considérablement par l'introduction d'un sel dans la flamme, principalement des sels de potassium, et l'on remarque que le courant ne passe que dans un seul sens. L'auteur cherche à utiliser cette conductivité unilatérale pour faire de la flamme un détecteur d'ondes électriques. Le dispositif expérimental est très simple. On réunit les pôles d'une bobine d'induction de 5 cm d'étincelle à deux électrodes écartées de 5 mm seulement; l'une étant reliée à une antenne filiforme de 1,50 m de longueur; l'autre à un contrepoids constitué par un fil de 1,50 m de longueur également, avec insertion d'une capacité sur chaque fil. A 10 ou 20 m de distance se trouve le système récepteur constitué par une antenne et un contrepoids identiques aux précédents et connectés aux deux électrodes plongées dans la flamme d'un bec Méker, qui convient le mieux à cause de sa flamme chaude et tranquille. Comme électrodes, un fil de cuivre de 1 mm de diamètre, disposé dans la flamme à 0,5-1 cm au-dessus d'une cuillère en platine contenant un sel de potassium, fondu, ont donné d'excellents résultats Le téléphone doit avoir une très grande résistance; il fonctionne avec ou sans force électromotrice auxiliaire. L'électrode de platine doit être portée au rouge blanc de façon que le sel soit fondu; les vapeurs métalliques sont insuffisantes pour produire un effet détecteur, de même celui-ci disparaît par la substitution d'un bec Bunsen à un bec Méker, ce qui démontre qu'il dépend surtout de l'uniformité de température du gaz. Les meilleurs résultats sont obtenus avec un fil de platine au lieu d'une capsule à l'extrémité duquel perle une goutte du sel fondu, soit K^2CO^3. Dans toutes ces expériences, un galvanomètre inséré dans le circuit décèle l'existence d'un courant de $8,4 \times 10^{-5}$ ampère avec la cuillère et $41,1 \times 10^{-5}$ ampère avec le fil de platine et la perle de sel fondu. La flamme se comporte donc comme un élément

(1) Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.

de pile; cependant l'effet détecteur n'est pas proportionnel à l'intensité du courant. Celui-ci est bien plus faible avec les sels de Na, Li, Sr, Ba, qui ne conviennent pas davantage pour déceler les ondes. Le courant circule de l'électrode chargée de sel au fil de cuivre. Quand on remplace le fil de cuivre par une lame du même métal, la flamme n'agit plus comme détecteur: il faut élever considérablement la température de la lame qui se refroidit plus rapidement à cause de la couche d'oxyde qui la recouvre. Quand l'électrode supérieure est également en platine, il suffit de la porter à une température un peu supérieure à celle de l'électrode chargée de sel pour renverser le sens du courant, mais on constate toujours l'effet détecteur. Ces expériences montrent le rôle important que joue la différence de température des électrodes. Pour l'étudier, l'auteur prend pour électrode supérieure un fil très fin de platine, qui est suspendu verticalement dans la flamme; la deuxième électrode est toujours un fil de 1 mm de diamètre avec perle de sel. Un courant de 0,4 à 0,5 milliampère prend naissance avec ce dispositif; le pouvoir détecteur est augmenté et atteint son maximum pour un écartement de 5 mm entre électrodes. Au-dessous, la perception des signaux devient de plus en plus faible; elle disparaît à 2 mm, pour reparaître très faible quand on diminue encore la distance entre les électrodes. Une tension auxiliaire de 12 volts redonne à peu près la sensibilité correspondant à 5 mm. La sensibilité de ce dispositif est pour le moins comparable à celle d'un détecteur électrolytique.

Exemple d'un projet d'établissement d'une station radiotélégraphique; Shunkichi-Kimura (*Electrician*, 18 octobre 1912, p. 50-54).

Influence du magnétisme terrestre sur la télégraphie sans fil; C. Chree (*Electrician*, 29 novembre 1912, p. 313).

Observations radiotélégraphiques pendant l'éclipse de soleil du 17 *avril* 1912 (*Communication du bureau des recherches des télégraphes impériaux*); F. Kiebitz (*Phys. Zeits.*, 15 septembre 1912, p. 890-892). — Cette éclipse a fourni une excellente occasion pour étudier l'influence du rayonnement solaire sur les différences de portée observées entre le jour et la nuit. A cet effet, la station de Norddeich fut chargée d'émettre un signal toutes les 5 minutes de 12 h à 15 h, en se servant d'une longueur d'onde de 1650 m, pour laquelle les portées de cette station sont bien connues. Sept autres stations (27 km, 450 km (trois fois), 460 km, 670 km et 760 km) devaient apprécier l'énergie des signaux d'après la méthode du shunt, c'est-à-dire par la résistance qu'il fallait mettre en dérivation sur le téléphone pour atteindre la limite de perception. Ainsi, pour le poste de Dantzig (750 km de Norddeich), les intensités de jour varient entre 10 et 40 ohms; celles de nuit, entre 1 et 30 ohms. A. Schoneberg (450 km), les intensités oscillent entre 20 et 8 ohms le jour, contre 12 et 2 ohms la nuit. D'après les observations de cinq de ces stations, l'éclipse semble n'avoir eu aucune influence sur la réception; mais la puissante station d'Eberswalde (460 km) et la station éloignée de Dantzig ont constaté une amélioration sensible de la transmission pendant une heure après la phase maximum de l'éclipse.

APPLICATIONS THERMIQUES.

Considérations générales sur la cuisson et le chauffage électriques; K. Fischer (*Helios Zeits.*, 4 août 1912, p. 381-382). — L'auteur discute non seulement la question du prix de l'énergie électrique, mais encore celle du prix de l'installation qu'il considère comme la plus importante.

Four électrique pour laboratoire de Calhane et Bard; Paul Janisch (*Helios Zeits.*, 24 novembre 1912, p. 588-589).

ÉCLAIRAGE.

Les principes essentiels de l'éclairage; Arthur J. Rowland (*Trans. of Illum. Eng'ing Soc.*, juin 1912, p. 315-341).

La Physique de la lumière; Geo. A. Hoadley (*Trans. of Illum. Eng'ing Society*, juin 1912, p. 288-315).

Rapports sur l'éclairage indirect, semi-indirect, et direct; Thomas W. Rolph, J.-G. Henninger, S.-G. Hibben (*Trans. of Illum. Eng'ing Soc.*, p. 234-288, juin 1912).

SIÈGE SOCIAL :
26, rue Laffitte.

SOCIÉTÉ ANONYME
pour le
TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX

CAPITAL : 1.000.000 DE FRANCS

TÉLÉPHONE :
116-28

ACCUMULATEURS TEM ET SIRIUS

pour toutes applications.

DÉTARTREURS ÉLECTRIQUES

Ingénieurs-Représentants :

ROUEN : 109, rue Louvet (Sotteville).
ALGER : 71, rue de Constantine.
LILLE : 37, rue Jean-sans-Peur.
MEXICO : Apartado Postal, 822.

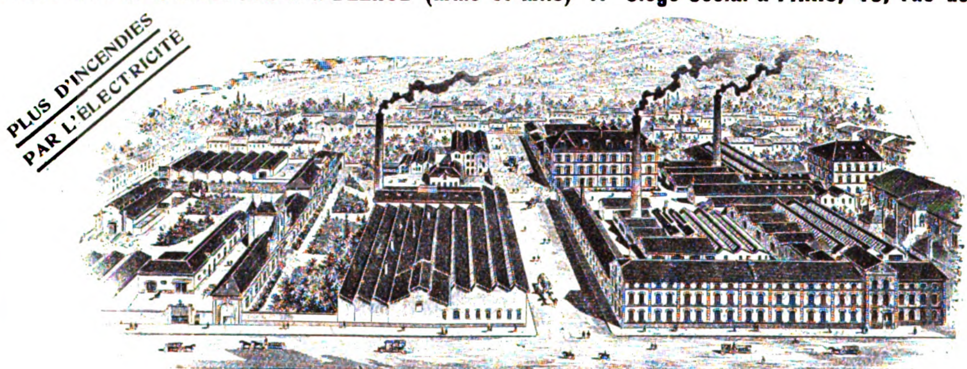
SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS

ADT

Capital social : 2.500.000 francs entièrement versés

Fournisseur du Métropolitain (200.000 m. posés) du Nord-Sud et de toutes les Grandes Administrations et Compagnies

Usines à PONT-à-MOUSSON et à BLÉNOD (Mthe-et-Mlle) :: Siège Social à PARIS, 45, rue de Turbigo



Usines de Pont-à-Mousson.

Se méfier des imitations

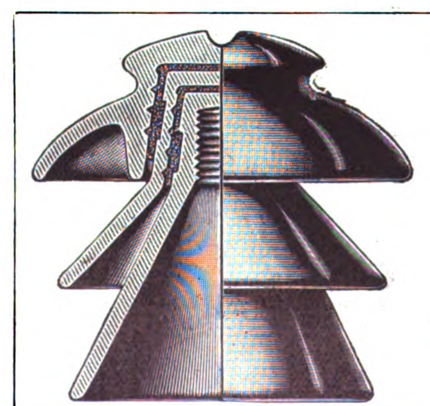
SÉCURITÉ ABSOLUE DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES PAR LES

"TUBES ADT"

Tubes isolateurs armés de cuivre, d'aluminium, de tôle plombée, d'acier à joints rapprochés et d'acier *étiré sans soudure*, garanti.

MATÉRIEL ISOLANT COMPLET
POUR INSTALLATIONS ET CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES

DÉPOT A PARIS, 45, Rue de Turbigo. — *Téléphone :* 1031-10



Laboratoire à l'Usine
pour essais mécaniques et électriques

TRANSFORMATEUR

1911
ROUBAIX - TURIN
2 Grands Prix

ISOLATEURS en VERRE de FOLEMBRAY

Verrerie de Folembray
(AISNE)
Fondée en 1709

Détermination de la couleur des sources de lumière artificielle; W. Voege (*Good Lighting*, août 1912, p. 296-300).

Méthode nouvelle et instrument pour déterminer le pouvoir réflecteur des corps opaques; P.-G. Nutting (*Trans. Illum. Eng'ing Soc* octobre 1912, p. 412-419).

Etude sur la distribution de la lumière naturelle et de la lumière artificielle dans les intérieurs; Luckiesh (*Good Lighting*, septembre 1912, p. 344-355; *Trans. Illum. Eng'ing Soc.*, octobre 1912, p. 388-412).

Recherches sur les verres diffusants; M. Luckiesch (*Elect. World*, 16 novembre 1912, p. 1040-1042).

L'emploi des sources lumineuses de grande intensité et particulièrement des lampes triphasées; W. Schäffer (*E. T. Z.*, 7 novembre 1912, p. 1155-1158). — L'auteur expose les conditions générales d'éclairement des grandes surfaces, telles que rues, places publiques etc. en tenant principalement compte de l'éblouissement. Il trouve ainsi, par la comparaison des courbes photométriques, qu'une lampe triphasée de 12 000 bougies hémisphériques répartit l'éclairement bien plus avantageusement qu'une lampe de 3.000 bougies hémisphériques. Deux lampes du premier type suspendues à une hauteur de 18 m et distantes de 90 m donnent les éclairements : maximum de 24,5 lux, moyen de 12,1 lux et minimum de 5 lux, à 45 m des candélabres; pour deux lampes du deuxième type suspendues à 9 m de hauteur et distantes de 45 m, on a les éclairements : maximum de 23,5 lux, moyen de 13 lux et minimum de 4,5 lux. On se rend de suite compte que le passage du minimum au maximum se fait d'une façon bien plus progressive avec la lampe triphasée qu'avec l'autre; l'éblouissement est donc bien moindre. Enfin une lampe triphasée de 12 000 bougies remplace deux lampes de 3000 bougies; celle-ci étant caractérisée par une consommation spécifique de 0,2 watt, celle-là, 0,1 watt, on arrive à la même dépense d'énergie; il n'y a donc pas avantage, à ce point de vue du moins, à substituer une lampe de 12 000 bougies à deux lampes de 3000 bougies; cela provient de ce que dans la courbe d'éclairement d'une rue, on ne considère que les rayons dirigés dans le sens même de la rue, sans tenir compte des rayons émis dans la direction perpendiculaire. Cependant on réalise une économie de 25 pour 100 sur les charbons; de 25 pour 100 sur la main-d'œuvre. S'il s'agit d'éclairer un hall, de 180 m de largeur et 270 m de longueur, les conditions sont tout autres. Il faudra 6 lampes triphasées de 12 000 bougies contre 24 lampes simples de 3000 bougies; alors les économies réalisées sont encore bien plus sensibles; il a une réduction considérable des frais de premier établissement. La lampe triphasée capable de satisfaire à toutes ces exigences est celle imaginée par l'auteur et qui a été décrite dans *La Revue électrique* du 13 septembre 1912, p. 215.

Arcs à flamme jaune; M. Solomon (*Journ. Inst. Elect. Eng.*, novembre 1912, p. 737-781).

Caractéristiques et essais de charbons pour lampes à arc-flamme enfermé; Allen T. Baldwin et R.-B. Chillas ((*Trans. Illum. Eng' ing Soc.*, octobre 1912, p. 419-437).

Sur les lampes modernes à arc et à incandescence; O. Kruh (*Electrician*, 29 novembre 1912, p. 306-307).

Notes sur la lampe à vapeur de mercure en quartz (*Illuminating Engineer*, octobre 1912, p. 469-474).

Nouveau type de lampe à vapeur de mercure; (*Illuminating Engineer* octobre 1912, p. 474-476). — C'est la lampe du Dr J. Pole décrite dans l'*E. T. Z.* du 9 mai. Elle est constituée par une lampe à mercure dont le tube est enroulé suivant une circonférence et par une lampe au tungstène placée au centre de cette circonférence. L'ensemble peut être logé facilement dans un globe diffusant.

Tubes Moore à lumière blanche; (*Illuminating Engineer*, octobre 1912 p. 465-468). — On sait que les tubes Moore à azote donnent une lumière jaune tandis que les tubes à anhydride carbonique donnent une lumière se rapprochant beaucoup de celle du jour Pour cette raison ces derniers sont employés dans les salles d'échantillonnages d'étoffes. Malheureusement leur consommation d'énergie est assez élevée : 3,5 watts par bougie. Après avoir rappelé ces propriétés bien connues des tubes Moore, l'article donne la description de la première installation faite à Londres chez un marchand de houblon, d'un tube Moore à lumière blanche. Ce

tube, alimenté par des courant triphasés à 18 000 volts, absorbe une puissance de 4,5 kw et donne environ 1500 bougies Heffner.

Les développements successifs de la technique des lampes à incandescence avec considération spéciale de la lampe « Wotan » de Siemens et Halske, à filament de tungstène étiré; von PIRANI (*Helios Zeits.*, 10 novembre 1912, p. 557-562). — Rappelons brièvement avec l'auteur les procédés de préparation des filaments de tungstène. Le filage ou procédé chimique consiste à mélanger le tungstène à l'état pulvérulent (obtenu en traitant l'acide tungstique par le zinc) à un agglutinant et à malaxer le tout pour en former une pâte plastique qui est forcée à la presse hydraulique à travers une filière en diamant. Les liants les plus employés sont la gomme adragante, la celloïdine, le collodion à l'acide acétique et le caramel avec addition d'un peu de glycérine ou d'huile de ricin; les filaments ainsi préparés sont d'abord chauffés de 1000° à 1100° dans une atmosphère inerte, puis portés individuellement au blanc dans une atmosphère d'hydrogène, d'azote ou d'ammoniaque où le charbon se brûle. Si, d'après les brevets de Kuzel, on amène d'abord le tungstène à l'état colloïdal, il suffit d'employer l'eau comme liant; mais le procédé de filage reste toujours le même. Cette méthode ne permettait pas de fabriquer des filaments assez fins pour les réseaux à 110 et surtout à 200 volts. Pour la première tension, les plus petites lampes étaient de 16 bougies; pour la deuxième de 25 bougies. Les essais de fabrication de filaments de tungstène étirés remontent à 1904; on mélangeait du tungstène à 10 pour 100 de nickel, les deux métaux étant à l'état pulvérulent; le mélange était comprimé en crayons, puis chauffé dans une atmosphère d'hydrogène jusqu'au point de fusion du nickel pour souder les deux substances, et la masse obtenue était laminée et étirée en filaments très fins. Ces filaments, dont la résistance était déjà supérieure à celle du filament de tantale étaient soumis dans le vide à un nouveau recuit jusqu'au blanc pour volatiliser le nickel et ensuite travaillés à la manière ordinaire. La porosité des filaments terminés tombait au-dessous de 10 pour 100 parce qu'il y avait concrétion du métal après volatilisation du nickel; mais cette manipulation diminuait beaucoup la résistance. Enfin un nouveau procédé, breveté en 1910 en Amérique et que nous indiquerons plus loin, est exploité par Siemens et Halske, qui ont lancé sur le marché la lampe « Wotan » à filament de tungstène étiré, qui se fabrique pour ainsi dire pour toutes les intensités lumineuses. Une lampe de 5 bougies, 110 volts, a un filament de 0,02 mm. de diamètre et 330 mm de longueur; celles de 2000 bougies, 220 volts ont un filament de 0,275 mm de diamètre et 2600 mm de longueur. Le professeur Martens a proposé de laminer les fils cylindriques étirés pour en faire des rubans utilisés pour lampes de projection; ces rubans rayonnent 1,65 bougies par millimètre carré avec une consommation spécifique correspondante de 0,75 watt. Le nouveau procédé de préparation consiste à comprimer le tungstène pulvérulent en crayons qui sont portés à haute température par un courant électrique dans une atmosphère d'hydrogène jusqu'à ce qu'ils aient atteint une résistance suffisante; après quoi on les soumet, à chaud, au martelage ou au laminage et enfin on les étire dans une filière en diamant. Toutes ces opérations mécaniques ont pour but de transformer la structure cristalline du métal en une sorte de texture filandreuse. Un filament ainsi préparé de 0,015 mm d'épaisseur peut supporter 100 g, ce qui correspond à une résistance à la rupture de 70 000 kg : cm²: elle est un peu moins grande pour les fils plus épais. Une colonne en verre menée au milieu de l'ampoule est pourvue de bras disposés en étoile avec crochets à leurs extrémités sur lesquels on fait passer le fil: ces bras sont très fins d'abord pour réduire les pertes de chaleur par conduction et ensuite pour posséder une certaine élasticité qui leur permet de se détendre quand le fil se dilate sous l'action de la chaleur. Une lampe de 25 bougies atteint sa température finale 0,1 seconde après la fermeture du circuit; un type de 1000 bougies, 110 volts, demande 0,4 seconde; il n'est pas rare de voir les plombs sauter au moment de la mise en circuit d'une grosse lampe, car il se produit un à-coup de 110 ampères qui se maintient encore à 20 ampères 0,07 seconde après, alors que l'intensité normale de la lampe est de 9 ampères. La température normale du filament est 2070° C et la consommation spécifique correspondante 1,1 watt; si l'on élève la température de 200°, la consommation spécifique tombe à 0,65 watt. Mais alors les traces de gaz

qui restent dans l'ampoule réagissent sur le filament qui se volatilise. Après 1000 heures de fonctionnement, l'intensité lumineuse diminue au plus de 10 pour 100. (Revoir certaines critiques sur le filament étiré dans nos *Littératures des périodiques* des 12 juillet, p. XXI, 23 août p. XI et 11 octobre 1912, p. XI).

Nouveau système d'éclairage avec lampes à filament métallique à bas voltage; Max Howald (*E. T. Z.*, 28 novembre 1912, p. 1247-1249). — Communication à l'Elektrotechnischer Verein des Rhein. Vesfal. Industriebezirkes, de Dortmund. Le système n'est autre que celui des transformateurs économiques de Weissmann, sauf que ces transformateurs prennent ici le nom de réducteurs qui sont brevetés par la Reduktor-Gesellschaft. Chaque lampe est munie individuellement d'un réducteur de tension qui est placé dans son socle même et qui est coupé du réseau par l'enroulement primaire, ce qui évite les pertes à vide. La tension de 14 volts est celle qui, après bien des essais, a paru la plus économique à la Société. Une installation à 110 ou 250 volts ne demande aucune transformation pour adopter ce nouveau réducteur, puisque celui-ci est installé après l'interrupteur. Dans les usines nouvelles, il serait par conséquent avantageux de distribuer l'énergie à la tension de 400 volts répartis sur deux ponts. Les lampes à filament métallique à 14 volts sont de 40 à 70 pour 100 moins chères que les lampes normales; elles ont un autre avantage bien plus appréciable encore, c'est de pouvoir être construites avec un filament gros à partir de 3 bougies: pour 16 bougies et au-dessus, on peut leur donner deux filaments parallèles, de sorte que la lampe continue à éclairer au cas de rupture de l'un d'eux. Sur un réseau à 2000 volts, on montera en série 8 réducteurs à 250 volts; ce dispositif affranchit l'usine de l'emploi d'un gros transformateur et, de plus, il rend les lampes indépendantes. L'extinction d'une ou plusieurs d'entre elles n'affecte nullement les autres. Rappelons encore que les lampes à bas voltage à filament métallique brûlent dans toutes les positions; qu'elles sont insensibles aux chocs et aux trépidations et, par conséquent, conviennent pour l'éclairage des voitures de tramways ou de chemins de fer; que leur fabrication n'est pas plus coûteuse que celle des lampes à filament de carbone; et qu'enfin la combinaison de lampes de 16 bougies avec des éléments de 10 et 3,5 bougies permet de réaliser une uniformité d'éclairement qui est impossible avec tout autre système. La construction de ces petits transformateurs n'offre pas de difficultés extraordinaires; ils ont été étudiés par W. Wedding et F. Niethammer pour des puissances variant de 10 à 750 watts. Pour les plus petits types, on compte 49 g par watt et pour les autres 13,3 g et moins. le rendement des premiers atteint 90 pour 100; il est de 97,1 pour 100 pour les grands réducteurs. Les essais de consommation spécifique, y compris les pertes dans le réducteur, ont donné : pour des lampes de 10 bougies ayant fonctionné 400 h, 1,13 watt; pour des lampes de 32 bougies ayant brûlé pendant le même temps, 1,08 watt. Ces lampes étaient montées sur leurs réducteurs individuels et la tension primaire était de 220 volts. La chute de tension dépend naturellement de la grandeur de l'appareil; le professeur Niethammer l'a trouvée égale à 1,24 pour 100 pour un réducteur de 750 watts; son facteur de puissance est aussi très élevé, car $\cos\varphi = 0{,}967$ dans les cas les plus défavorables. En ce qui concerne l'échauffement, on a constaté que, pour un réducteur de 10 watts mesurant 70 mm de hauteur et 53 mm de diamètre, la température de l'enroulement dépassait l'ambiante de 20°,7; celle du fer, de 12°,2, après deux heures de fonctionnement. Au-dessus de 250 volts, et pour les récepteurs absorbant plus de 200 watts, l'enroulement est réalisé comme celui des transformateurs ordinaires, le primaire et le secondaire étant séparés; plus généralement, on emploie le dispositif de l'auto-transformateur, où le secondaire constitue le prolongement du primaire. Sans insister sur les variantes des douilles, socles, armatures et combinaisons d'éclairages pour réclames auxquelles se prêtent ces lampes, nous rappellerons les chiffres indiqués par l'auteur pour la consommation annuelle de lampes fonctionnant 600 h. (y compris les pertes dans le réducteur) : 3 kilowatts pour 5 bougies; 6 pour 10 b.; 10, pour 16 b.; 15, pour 25 b.; 20, pour 32 b.; en comptant le kilowatt-heure à 0,50 fr plus un amortissement de 2 fr pour le réducteur, l'usine devra adopter les tarifs à forfait suivants : en francs 3,50, 5, 7, 9,50 et 12 pour ces diverses lampes. Pour éviter les substitutions dans ce dernier système de tarif, la Société fabrique des bagues qui se vissent sur tous les culots à pas de vis Edison et qui y sont ensuite soudées; mais leur

taraudage intérieur varie avec la puissance de la lampe. Les réducteurs se prêtent à d'autres applications que l'éclairage : ils s'adaptent aux appareils de cuisine et de chauffage, aux sonneries, aux ustensiles médicaux etc. Le grillage des réducteurs est un accident qui arrive rarement, parce qu'ils sont toujours essayés à une tension double de celle sur laquelle ils seront branchés ; cette tension d'essai n'est jamais inférieure à 1000 volts, par exemple, pour les réducteurs à 250 volts. Les réducteurs de 2000 volts en série sont essayés à 4000 volts et on les court circuite pendandt 5 minutes. Enfin certains réducteurs sont prévus pour fonctionner directement sur 500, 600 ou même 2000 volts ; on peut, par exemple, installer ainsi une lampe de 5 bougies consommant 6 watts sur un réseau à 600 volts.

Condensateurs pour lampes à filaments métalliques : A. W. Ashton (*Jour. Inst. Elect. Eng.*, p. 703-731, novembre 1912).

Nouvelles garnitures pour lampes à filament métallique de grande intensité ; (*E. T. Z.*, 31 octobre 1912, p. 1143-1144).

La résistance spécifique et le pouvoir absorbant du tungstène aux hautes températures : M. von Pirani (*Phys. Zeits.*, 15 août 1912, p. 753-754). — Réponse à une critique de Corbino (*Littérature des périodiques* du 14 juin 1912, p. XXIII) : ce dernier avait trouvé que les températures d'un filament de tungstène obtenues par extrapolation au-dessus de 1500° étaient trop faibles ; dans ce nouvel article, Pirani donne les résultats de mesures récentes qui concordent avec les anciennes, les nombres auxquels on arrive sont toujours un peu inférieurs à ceux de Corbino.

Le rendement radiant lumineux des filaments métalliques ; W.-E. Forsythe (*Electrician*, 15 nov. 1912, p. 220-222).

La pratique actuelle de l'éclairage des petits magasins avec les lampes au tungstène ; Clarence L. Law (*Trans illm. Eng'ing Soc.*, oct. 1912, p. 437-468).

Installations d'éclairage de l'Hôtel Vanderbilt, à New-York ; (*Good Lighting*, septembre 1912, p. 315-326).

Les nouvelles installations d'éclairage public à Chicago ; (*Electrical World*, 12 octobre 1912, p. 772-775).

ELECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE

La fixation de l'azote par l'alumine et le charbon ; S.-A. Tucker et Henry L. Read ; (*Metal. and Chem. Eng'ing*, novembre 1912, p. 745-746). — Communication faite au récent Congrès international de Chimie appliquée, dans laquelle les auteurs exposent les procédés utilisés pour cette fixation et en particulier le procédé Serpek.

La synthèse de l'ammoniaque ; H.-A. Bernthsen ; (*Metall. and Chem. Eng'ing*, 12 septembre 1912, p. 637-642). — Communication faite au Congrès international de Chimie appliquée où l'auteur rend compte des travaux de la Badische Anilin und Soda-Fabrik sur ce sujet et le succès pratique de dernières recherches.

Considérations pratiques sur les électrodes de fours électriques ; R. Turnbull (*Electrician*, 11 octobre 1912, p. 7).

La résistivité électrique des briques réfractaires à hautes températures ; D.-L. Mc Leod et J.-M. Mc Mahon (*Metall. and Chem. Eng'ing*, novembre 1912, p. 746-747). — Communication faite au Congrès international de Chimie appliquée. Les expériences ont été faites de 600 à 1565° C. ; dans cet intervalle de température la résistivité des briques réfractaires ordinaires tombe de 21 000 à moins de 60 ohms-cm.

Le transformateur pour four de fusion des métaux système Helberger : W. Rodenhauser (*E. K. B.*, 24 octobre 1912, p. 631-633). — Ces fours à induction sont construits en 8 types différents depuis 1,5 à 100 kw et sont spécialement destinés aux travaux de laboratoire. Le transformateur est construit pour une tension primaire quelconque, mais qu'il permet d'abaisser en 24 degrés différents.

L'emploi de la fonte électrique pour la fabrication de l'acier au creuset ; D.-A. Lyon (*Electrican*, 29 novembre 1912, p. 309).

Causes des insuccès de l'emploi du four électrique dans le traitement des minerais de zinc ; Francis Louvrier (*Metall. and Chem. Eng'ing*, novembre 1912, p. 747-749).

Insuccès dans le nickelage ; leurs causes et leurs remèdes ; A. Barth (*Helios Zeits.*, 17 novembre 1912, p. 578-579).

Affinage électrolytique des alliages de bismuth et d'argent; William N. LACEY (*Metall. and Chem. Eng'ing*, novembre 1912, p. 747). — Communication faite au Congrès international de Chimie appliquée, où l'auteur expose les résultats d'expériences faites à la Leland Sanford University pour la séparation de ces métaux avec des bains de cyanures et des bains d'azotates. Il indique les avantages et inconvénients de chaque espèce de bains.

La production de l'énergie électrique utilisée par les fours électriques d'affinage du fer et de l'acier; W. SYKES (*Electrician*, 8 novembre 1912, p. 172-173).

Equipement à haute tension pour usines électrochimiques; J.-R. WILSON (*Electrician*, 15 novembre 1912, p. 230-232).

Le Congrès international de Chimie appliquée (*Electrician*, 25 octobre 1912, p. 99-102).

MESURES ET ESSAIS

Méthode pour la production des potentiels élevés dans les travaux électrométriques; A.-H. FORMAN (*Physical Review*, septembre 1912). — Cette méthode consiste à prendre des condensateurs connectés en série d'une manière permanente et que l'on charge *séparément* au moyen d'une source isolée de f. é. m. constante.

Nouvelle construction de l'électromètre à fil; C.-W. LUTZ (*Phys. Zeits.*, 15 octobre 1912, p. 954-962).

Ampèremètre thermique à déviation proportionnelle au courant; A.-H. TAYLOR (*Electrician*, 15 novembre 1912, p. 225).

Le conducteur à quatre faces et le pont de Thomson; Franck VENNER (*Electrician*, 29 novembre 1912, p. 300-303). — Sous le nom de conducteur à quatre faces, l'auteur désigne un conducteur de forme et de dimensions quelconques, dont quatre faces sont arrangées de manière à pouvoir être connectées à d'autres conducteurs. Si l'on mesure la différence de potentiel entre les faces 1 et 2 et qu'on en fasse le quotient par le courant qui entre par 3 et sort par 4, on a une résistance désignée par 1-2+3-4. On peut considérer 24 de ces résistances entre lesquelles existent des relations, établies par Searle, qui permettent de les calculer toutes quand on connaît 6 d'entre elles. L'auteur discute les conditions qui doivent être remplies pour que la mesure de ces résistances soit effectuée avec une grande précision. Il discute également les conditions que doivent remplir les étalons de faible résistance destinés à être traversés par des courants intenses.

Appareils et procédés pour la photographie et la représentation des courbes de courants alternatifs ainsi que des oscillations électriques; H. HAUSRATH (*Helios Zeits.*, 20 et 27 octobre, 3 et 10 novembre 1912, p. 526-528, 533-538 etc.). — Ces articles sont les derniers que l'auteur consacre à cette revue d'ensemble sur les oscillographes. Les appareils décrits sont : les tubes de Braun avec leurs nombreuses modifications et le tube de Gercke, tous deux décrits dans la *Revue électrique*; les appareils à contact, disque de Joubert, indicateur de Francke, ondographe d'Hospitalier, etc. Nos lecteurs connaissent suffisamment le type original du tube de Braun, mais depuis son apparition bien des expérimentateurs y ont apporté des perfectionnements. Tout d'abord Ebert a remarqué que le faisceau cathodique (comparable à un conducteur flexible dans lequel le courant circulerait de l'écran vers la cathode) est dévié par un champ électrostatique qui lui est perpendiculaire, et cela proportionnellement à l'intensité du champ ou à la différence de potentiel entre les deux armatures du condensateur. Le tube de Braun se prête donc aussi au tracé des valeurs instantanés de la tension, ce qui est facilité par un dispositif imaginé par Wehnelt.

Les deux plateaux entre lesquels on produit le champ sont logés dans l'intérieur de la partie rétrécie du tube entre le diaphragme et l'écran fluorescent. De petits écrans en mica isolent l'espace situé entre les armatures et la paroi interne du tube où il se produit un champ qui détruit partiellement le champ entre armatures; en effet, les rayons cathodiques ionisent le gaz raréfié (azote) du tube et il se produit une migration des ions positifs et négatifs vers les plateaux chargés en sens contraire. Le diaphragme est en aluminium et sert en même temps d'anode. Leur sensibilité est caractérisée par une déviation de 1 mm pour 2 volts, de sorte que l'appareil peut servir jusqu'à 80 volts. En réduisant la pression, on peut aller à 250 volts; et pour de plus hautes tensions encore, on fabrique des tubes avec un plus grand écartement des armatures ou l'on emploie des condensateurs en cascade. Pour les oscillations de haute fréquence, les plaques entre lesquelles on produit le champ électrostatique sont placés à l'extérieur. Le papillottement de la tache lumineuse est dû à des champs parasites contre lesquels il est facile de réagir en entourant le tube au voisinage du champ déviant



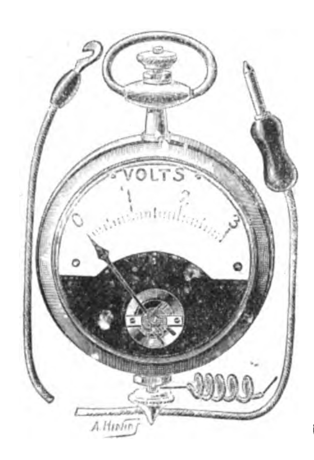
LANDIS & GYR PARIS

Rue Felix Ziem 2 et 2 bis

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

de tous les systèmes

COMPTEURS POUR TARIFS SPÉCIAUX - WATTMÈTRES TYPE FERRARIS - INTERRUPTEURS HORAIRES
INTERRUPTEURS AUTOMATIQUES POUR L'ÉCLAIRAGE DES CAGES D'ESCALIERS
RAMPES D'ÉTALONNAGE - LAMPES À FILAMANT MÉTALLIQUE



"L'ÉLECTROMÉTRIE USUELLE"

MANUFACTURE D'APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES

Ancienne Maison L. DESRUELLES

4, rue du Borrégo 4, — PARIS (20e)

TÉLÉPHONE : 922-53

:: **Voltmètres et ampèremètres de précision à cadre mobile** ::

APPAREILS INDUSTRIELS - APPAREILS DE POCHE

Tables de mesures — Ohmmètres

Envoi franco des Catalogues sur demande

Sté CARPENTIER, RIVIERE et Cie

11 et 13, Rue de Belzunce, PARIS Xe

Entreprises Générales d'Électricité

TRANSPORT DE FORCE A HAUTE TENSION

STATIONS CENTRALES

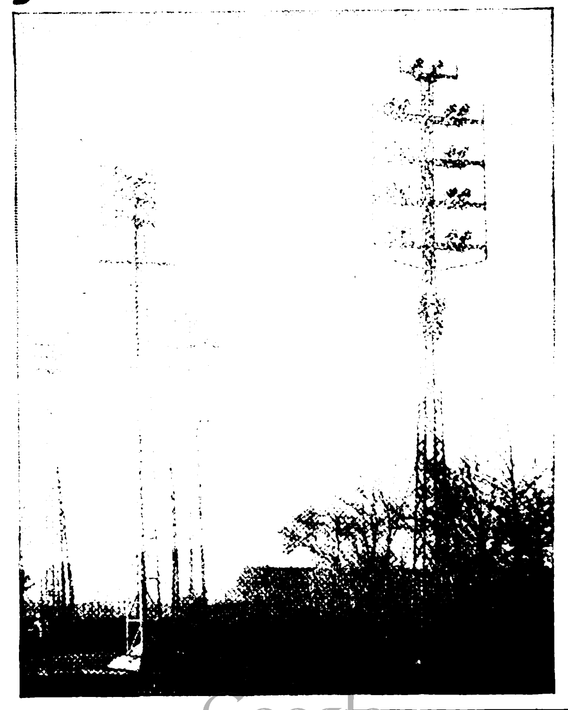
RÉSEAUX COMPLETS DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE

TRACTION ÉLECTRIQUE

CATENAIRE SYSTÉME Bté S.G.D.G.

Téléphone : 448.48, 453.61

Télégrammes : Carpenrive, Paris



de papier d'étain mis à la terre. L'oscillographe de Gereke, tel que le construit Hans Boas, a été décrit récemment dans *La Revue électrique*; il faut l'actionner sous une tension de plusieurs milliers de volts avec une intensité de courant de 0,1 à 0,4 ampère pour avoir une gaine d'effluve de 3 à 4 cm de longueur.

Les nouveaux instruments de mesures électriques pour tableaux de la Weston Instrument C°, Berlin-Schöneberg; O. Heinrich (*E. T. Z.*, 24 et 31 octobre 1912, p. 1115-1117, 1147-1149). — Dans une communication à la Société des électriciens de Dresde, l'auteur donne quelques indications sur les perfectionnements apportés aux appareils de tableaux; ils peuvent se diviser en deux classes : appareils électrodynamiques, watt-mètres, indicateurs de synchronisme et de facteur de puissance; appareil électromagnétique : indicateur de fréquence.

Théorie élémentaire du compteur à courant alternatif; W. Kesseldorfer (*Helios Zeits.*, 17 novembre 1912, p. 573-578).

Compteur avec double mouvement d'horlogerie, forme R, fabriqué par la Elektrizitätsfabrik H. Aron G. m. b. H. de Charlottenburg (*E. T. Z.*, 31 octobre 1912, p. 1136). — Certificat du Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Consommation propre d'énergie des compteurs; son importance pour les stations régionales; H. Büggeln (*E. T. Z.*, 28 novembre 1912, p. 1241). — Un bon compteur pour courant alternatif consomme, sous 110 volts 1 watt au minimum; sous 220 volts 1,5 vatt au minimum. Sur une année de 365 jours cela correspond à une dissipation d'énergie de $365 \times 24 \times 1 = 8760$ watts-heure ou 8,76 kilowatts-heure pour le premier cas, et 13,41 kilowatts-heure pour le second cas. Un compteur triphasé pour phases inégalement chargées dépense 3 watts sous 220 volts et 4,5 watts sous 440 volts. Cela fait annuellement 26,28 et 39,24 kilowatts-heure. Considérant en particulier le réseau de Herrenberger qui avait, fin 1911, 2652 abonnés pour lumière et 2067 abonnés pour force motrice, tous à 220 volts, si l'on fait usage de compteurs séparés pour l'éclairage et la force motrice, le bilan de leur consommation propre se chiffre par : $2652 \times 13,14 = 35\,000$ kilowatts-heure, d'une part, et $2067 \times 26,28 = 55\,000$ kw-h d'autre part, soit au total 90 000 kilowatts-heure. Les kilowatts-heures vendus en 1911 se sont élevés à 1166 000; en y ajoutant les pertes ci-dessus, on aurait eu 1256 000 kilowatts-heure. Les pertes dans les enroulements des compteurs atteignent donc 7 pour 100 de la production totale, dont 4,5 pour 100 sont attribuables aux compteurs de moteurs. A 0,07 fr le kilowatt-heure, cela représente une défalcation annuelle de 6300 fr, soit 3850 fr pour le compte des moteurs. La population desservie par cette installation comprend 74 830 habitants, et il y a 1 moteur par 36 habitants. Par tête, la perte totale annuelle est de 1,21 kilowatt-heure, soit 0,735 kilowatt-heure pour la force motrice seule. Le même calcul, appliqué à l'usine régionale de Heidenheimer et Ulmer qui dessert une population de 9643 habitants avec 700 moteurs agricoles (1 par 14 habitants), donne pour ceux-ci seuls une perte $700 \times 26,28 = 18\,396$ kilowatts-heures par an. Par tête, on obtient une moyenne de $18\,936 : 9643 = 1,9$ kilowatt-heure pour les seuls compteurs de force motrice au lieu de 0,735 kilowatt-heure constaté pour la première usine génératrice. De ces deux exemples il ressort que les pertes dues aux compteurs croissent proportionnellement au nombre des abonnés; il semble donc économique d'éviter le plus possible l'emploi des compteurs dans les installations agricoles et d'adopter dans ces cas des tarifs à forfait convenables. On commet toujours une faute grave en concédant des tarifs faibles au compteur et en imposant aux abonnés un minimum de consommation annuelle.

L'essai magnétique des tôles de fer; J. Epstein (*E. T. Z.*, 14 novembre 1912, p. 1180-1183). — L'auteur reprend un certain nombre de mesures magnétiques avec son appareil et montre que celui-ci donne des résultats comparables à ceux que fournit la méthode de l'anneau. Les critiques de Gumlich et de Rogowski ne sont donc pas justifiées.

Nouvelle méthode pour la détermination des pertes à vide des machines; A. Ytterberg (*E. T. Z.*, 7 novembre 1912, p. 1158-1161).

BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin (H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.), 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

446933. Compagnie française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Perfectionnements aux interrupteurs à huile, 6 août 1912.

446935. Compagnie anonyme continentale pour la fabrication des Compteurs a gaz et autres appareils. — Compteur ampère-heures-mètres pour courant continu.

446823. Girardin. — Électro-plaquage laitonifère des métaux, 29 juillet 1912.

446978. Société Leflaive et Cie. — Perfectionnements aux fours électriques, 7 août 1912.

446739. Siron. — Lampe à arc électrique spécialement applicable pour projections cinématographiques ou autres, 1er août 1912.

446870. Compagnie générale de Phonographes, Cinématographes et Appareils de précision. — Lampe électrique de projection, 12 octobre 1911.

446908. Reich et Durand. — Lampe de poche, 5 août 1912.

446934. Compagnie française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Perfectionnements aux lampes à incandescence, 6 août 1912.

447184. Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel m. b. H.— Protection automatique pour voies aériennes électriques, 20 octobre 1910.

447240. Société Ateliers de Construction Oerlikon. — Système de locomotion électrique, 14 août 1912.

447064. Flandrin. — Dispositif de production de courant à haute fréquence, 17 octobre 1911.

447127. Szek. — Tableau de distribution pour installation de télégraphes et de téléphones sans fil et autres usages, 12 août 1912.

447181. Société d'Électricité Mors. — Appareil pour l'établissement de communications téléphoniques sur des lignes électriques parcourues par des courants continus 19 octobre 1911.

447191. Colonna. — Appareil télégraphique multiple, imprimeur à transmission automatique et manuelle et à grand rendement, applicable également à la correspondance par câbles sous-marins, 27 juillet 1912.

16299 446872. Bouvet. — Transmetteur téléphonique, 26 décembre 1911.

446986. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Groupe moteur générateur produisant un courant continu d'intensité constante, 25 septembre 1911.

447050. de Sedneff. — Accumulateurs électriques, 8 août 1912.

447121. Keller-Dorian. — Dispositif pour la production de courants induits dans les machines magnétos et dynamos, 9 août 1912.

447190. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Perfectionnements dans l'emploi des dispositifs permettant de régulariser le débit d'une source d'énergie électrique, octobre 1911.

16298/416547. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Mode de compoundage de machines dynamo-électriques à courant continu, 17 octobre 1911.

446996. Société Vedovelli Priestley et Cie. — Dispositifs de sécurité complète pour canalisations électriques, 11 mai 1912.

447235. Prudence. — Minuterie électrique à commande à distance pour l'éclairage temporaire des escaliers et autres lieux, 24 août 1912.

16312/433132. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Perfectionnements aux équipements de contrôle par contacteurs pour moteurs électriques, 6 août 1912.

447035. Dreyspring. — Dispositif permettant d'utiliser comme appareil d'éclairage le contrepoids servant à équilibrer une suspension électrique mobile, 22 juillet 1912.

Convocation d'Assemblée. — *Compagnie parisienne du secteur Trinité.* — MM. les actionnaires sont convoqués en Assemblée générale, le mardi 21 janvier 1913, à 4 h, 43, boulevard Haussmann.

Nouvelles Sociétés. — *Omnium électrique de Rouen.* — Siège social : 93, rue Jeanne-d'Arc, à Rouen. Durée : 50 ans. Capital : 400 000 fr.

Société anonyme française (en formation) *La Luçonnaise.* — Siège social à Luçon. Durée : 40 années. Capital social : 330 000 fr.

Société électrique de Pleneuf. — Siège : Pleneuf. Durée : 30 années. Capital : 80 000 fr.

L'Electrique de l'Orléanais. — 40, rue du Colombier, à Orléans. Capital : 450 000 fr. Durée : 41 années.

Modifications aux Statuts et aux Conseils. — *L'électrique d'Anjou.* — Modifications aux articles 7, 20 et 32 des statuts.

Société d'électricité de Périgueux. — Dissolution de la Société.

Energie électrique de la Basse-Loire. — Capital social porté de 1 500 000 fr à 2 000 000 fr. Modification à l'article 6 des statuts.

Société anonyme Omnium Lumière. — Capital social fixé à 500 000 fr. Modification de l'article 7 des statuts.

Société anonyme Le Therain électric. — Capital social porté à 500 000 fr. Modification à l'article 5 des statuts.

Station électrique de Millery. — Capital social porté de 1 200 000 à 2 500 000 fr.

Société « L'Electrique de Loir-et-Cher ». — Transfert du siège social, 105, rue Saint-Lazare, Paris.

PETITES NOUVELLES.

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Olans (Alpes-Maritimes). — Le Maire aurait été autorisé à signer le traité pour l'éclairage électrique de la commune avec la Société l'Energie électrique du Littoral méditerranéen.

Lambersart (Nord). — Le Conseil municipal aurait décidé la mise à l'enquête de la demande de concession de distribution d'énergie électrique présentée par la Compagnie électricité et gaz du Nord.

Bois-d'Oingt (Rhône). — Un projet serait à l'étude pour l'installation de l'éclairage électrique.

Foix (Ariège). — On annonce que la Mairie aurait publié le Cahier des Charges pour la mise en adjudication de l'éclairage par le gaz et l'électricité.

Sillé-le-Guillaume (Sarthe). — Le Conseil municipal aurait l'intention de faire installer l'électricité dans la commune.

Sauze-Vaussais (Deux-Sèvres). — Il serait question de fonder une coopérative pour distribuer l'énergie électrique dans la commune.

Bleneau (Yonne). — La Préfecture aurait approuvé la convention passée avec MM. Jasx et Chazerans pour l'éclairage électrique de la commune.

Fismes (Marne). — Un projet est, paraît-il, à l'étude pour l'installation de l'éclairage électrique dans la commune.

Beaucaire (Gard) — Le Conseil municipal aurait accordé la concession de la distribution de l'électricité à la Compagnie du Gaz.

Auch (Gers) — La concession d'électricité aurait été accordée à la Compagnie du Gaz.

Auzon (Haute-Loire) — L'Omnium régional d'électricité aurait obtenu la concession de l'électricité dans cette localité.

Chambon-Feugerolles (Loire) — Le Conseil municipal a, paraît-il, approuvé le projet de distribution d'énergie électrique présenté par la Compagnie électrique de la Loire et du Centre.

Cholet (Maine-et-Loire). — Des pourparlers seraient engagés avec la Société nantaise pour l'installation de l'éclairage électrique.

Givonne (Ardennes). — La Municipalité aurait accepté les propositions de la Compagnie l'Est électrique concernant la fourniture de l'éclairage électrique.

Sabres (Landes). — La Municipalité a, paraît-il, voté le principe d'une concession pour l'éclairage électrique à MM. Dublanc, Dubosq et Cie.

Saint-Romain-le-Puy (Loire). — La Société des Forces motrices du Lignon aurait obtenu la concession de l'éclairage électrique.

Courbevoie (Seine). — Les propositions du Secteur de la Rive gauche pour l'installation de l'éclairage électrique auraient été acceptées par la Municipalité.

Saint-Genou (Indre). — La Société d'installations générales aurait obtenu la concession d'une distribution d'énergie électrique dans la commune.

Bouvines (Nord). — Le Conseil municipal aurait émis un avis favorable au projet de concession par l'État d'une distribution d'énergie électrique pour tous usages autres que l'éclairage public et privé.

Auxonne (Côte-d'Or). — Une enquête serait ouverte sur la demande de concession de distribution d'énergie électrique présentée par la Société du Moulin du Pré-de-Saint-Vit.

Bar-sur-Aube (Aube). — Une enquête serait ouverte sur le projet de concession de distribution d'énergie électrique déposé par la Société d'énergie industrielle.

Divers.

L'Institut international de Physique Solvay. — Dans le numéro du 20 décembre nous signalions le projet du professeur Ostwald concernant la création d'un Institut international de Chimie. Voici quelques indications sur un institut analogue récemment créé par M. Solvay à l'Institut international de Pyhsique.

M. Ernest Solvay a fondé, le 1er mai 1912, et pour une période de 30 ans, un Institut international de Physique, qui a son siège à Bruxelles, et dont les ressources, provenant d'un capital de 1 million de francs, serviront à encourager de différentes manières des recherches qui soient de nature à étendre et surtout à approfondir la connaissance des phénomènes naturels. L'Institut aura principalement en vue les progrès de la Physique et de la Chimie physique et cherchera à y contribuer notamment par l'octroi de *subsides* qui faciliteront les travaux expérimentaux dans ces sciences.

Pour la première année, qui se termine le 1er mai 1913, une somme d'environ 17 500 fr est encore disponible pour ce but; elle sera utilisée de préférence dans l'intérêt des études portant sur les phénomènes du rayonnement (y compris les rayons Röntgen et ceux des corps radioactifs), ou se rattachant à la théorie des quanta d'énergie ou aux théories moléculaires.

Les subsides seront accordés, sans distinction de nationalité par la Commission administrative de l'Institut, sur la proposition d'un Comité scientifique international. La Commission administrative se compose de MM. les professeurs P. Heger, E. Tasselet J.-E. Verschaffelt, à Bruxelles; le Comité scientifique se compose de MM. H.-A. Lorentz, président (Haarlem); Mme P. Curie (Paris); M. Brillouin (Paris); R.-B. Goldschmidt (Bruxelles); H. Kamerlingh-Onnes (Leiden); W. Nernst (Berlin); E. Rutherford (Manchester); E. Warburg (Berlin) et M. Knudsen, secrétaire (Copenhague).

Les demandes de subside devront être adressées, avant le 1er février, à M. le professeur H.-A. Lorentz, Zijlweg, 76, Haarlem (Hollande). Elles devront contenir des indications précises sur les problèmes qu'il s'agit de résoudre, les moyens dont on voudra se servir et la somme qu'on désire obtenir; il importera aussi d'ajouter tous les détails de nature à être pris en considération par le Comité scientifique.

Une tour de 500m pour télégraphie sans fil. — L'ingénieur F. Czech et l'architecte F. Paetz viennent de publier les plans d'une tour de 500 m qui serait érigée à Bauwelt sur le Rhin, au voisinage de Düsseldorf. Cette tour ferait partie d'un nouveau pont projeté sur le Rhin et servirait de station pour télégraphie sans fil, d'observatoire météorologique, et enfin de point de repère pour les aviateurs.

Nouveau détecteur. — La Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, de Berlin, a fait breveter un nouveau détecteur (D. R. P., no 241769) qui est formé par le contact d'un cristal de molybdène et d'une poudre conductrice (argent pulvérisé). L'électrode minérale forme le fond d'une boîte fermée et isolée sur lequel on répand la poudre sans la tasser; on noie dans la poudre une électrode de grande surface qui est reliée au circuit extérieur.

Taxes téléphoniques réduites pour les heures de faible trafic en Angleterre. — Afin de mieux utiliser les lignes interurbaines, l'administration britannique des Postes a consenti des abonnements mensuels avec réductions importantes pour les conversations d'une durée minimum de 15 minutes à échanger pendant les heures de faible trafic (avant 9 ou 9 h 30 du matin, entre 1 et 2 h du jour et après 4 h 30 ou 5 h du soir). Pour le premier et le deuxième quart d'heure de conversation, la taxe est réduite aux trois quarts pour le troisième et quatrième quart d'heure à la moitié et pour chaque quart d'heure en sus au quart de la taxe normale. Les samedis et dimanches sont, sur demande, exclus de l'abonnement. Des conditions encore plus favorables sont accordées pour des communications d'au moins 6 heures de durée entre 5 h du soir et 6 h du matin.

Canalisations d'éclairage, *réglementation et jurisprudence, relatives à l'occupation de la voie publique par des entreprises d'éclairage concurrentes,* par A. REMAURY, docteur en droit, avocat à la Cour d'Appel de Toulouse. Un vol. 23 cm × 14 cm, 210 pages. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix, broché, 6 fr.

Des conflits incessants se produisent journellement entre des Compagnies gazières et des Sociétés d'électricité. Les premières paraissaient, au jour de leur naissance, devoir jouir seules de la voie publique par la supériorité de leur éclairage à l'égard du réverbère ou du modeste quinquet. Mais, par suite des progrès de la science, elles ont été bien vite concurrencées par des inventions nouvelles, et la lumière électrique est venue, non sans succès, prendre place à côté de l'éclairage du gaz.

Dans quelle limite cette concurrence peut-elle s'établir ? C'est le problème autour duquel la jurisprudence évolue depuis longtemps, avec des décisions souvent contradictoires en apparence.

Mais celles-ci s'expliquent bien vite, soit par des divergences d'espèces, soit par une évolution lente et raisonnée de la jurisprudence vers des principes de droit nouveaux, mieux adaptés aux conceptions modernes.

Suivre cette évolution de la jurisprudence à la lumière des arrêts du Conseil d'État, en dégager le principe, et fixer aujourd'hui la solution à peu près définitive qui s'en dégage, tel est le but de cette étude.

La loi de 1906 répond de façon un peu imparfaite aux efforts combinés du Gouvernement et de la jurisprudence administrative dans le but d'éviter les moyens de concurrence. M. Remaury parcourt cette triple influence : gouvernementale, jurisprudentielle et législative autour des questions d'éclairage, pour mieux détacher les règles définitives qui dirigent à l'heure actuelle la concurrence entre entrepreneurs d'éclairage.

Mais pour mieux diriger cette étude, il importe de rechercher en vertu de quel titre une Compagnie d'éclairage aura le droit de placer ses canalisations sur la voie publique. Ce droit sera-t-il exclusivement réservé au profit de quelque bénéficiaire privilégié ou, au contraire, devra-t-il être accordé à tous ceux qui le sollicitent ? La réponse à cette question se trouve dans l'étude des divers modes d'occupations du domaine public, la permission de voirie et la concession.

Agenda Dunod pour 1913 : Électricité, à l'usage des électriciens, ingénieurs, industriels, chefs d'ateliers, mécaniciens et contre-maîtres, par J.-A. MONTPELLIER, rédacteur en chef de l'*Electricien*. Un petit volume 10 cm × 15 cm, relié en peau souple, contenant environ 380 pages de texte et 32 pages blanches quadrillées à 2 mm pour notes et croquis. — H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe). Prix net : 3 fr.

Le succès ininterrompu de cet Agenda est largement justifié par les améliorations que son auteur y apporte chaque année. Il contient tout ce qu'il est essentiel de connaître sur les quantités et unités physiques, géométriques et mécaniques, sur les phénomènes magnétiques, électriques et électromagnétiques, thermiques et photométriques, sur la production de l'énergie électrique, sur les accumulateurs, les canalisations, l'éclairage électrique, etc.

Parmi les adjonctions les plus intéressantes, il convient de signaler l'arrêté ministériel et la circulaire explicative relatifs aux distributions d'énergie électrique, ainsi que des instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans les immeubles et leurs dépendances.

Sous sa forme actuelle, ce Volume constitue un aide-mémoire complet et concis de toute l'électro-technique industrielle.

Des Tables et formules usuelles de Mathématiques et de Physique complètent utilement ce Livre portatif qui contient la matière d'un gros Volume, dont un répertoire alphabétique rend la consultation facile et rapide.

Télégraphie sans fil. *Réception des signaux horaires et des télégrammes météorologiques,* par le Dr Pierre CORBET. Un Volume 17 cm × 11 cm, 96 pages avec figures. Maison de la Bonne Presse, 5, rue Bayard, Paris. Prix : 1 fr; franco, 1,10 fr.

La simplicité des postes récepteurs radiotélégraphiques permettant de recevoir les signaux horaires de la Tour Eiffel a conduit beaucoup d'amateurs à construire eux-mêmes ces postes. Dans une série d'articles publiés dans le *Cosmos*, M. le Dr Corbet a montré comment on doit s'y prendre pour obtenir une sensibilité suffisant pour recevoir, non seulement les signaux horaires, mais encore les radiotélégrammes des puissants postes de Norddeich, Clifden et Poldhu. Ce sont ces articles qui sont rassemblés dans la brochure.

LITTERATURE DES PÉRIODIQUES (1)

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Force motrice. — *L'électrotechnique, l'exploitation des tourbières et l'assèchement des marais dans la Frise orientale. L'usine génératrice de Wiesmoor* (Conférence faite à la vingtième Assemblée annuelle du Verband Deutscher Elektrotechniker); J. Teichmüller (*E. T. Z.*, 5, 12, 19 et 26 décembre 1912, p. 1255 et suiv.) — Dans cette longue communication, l'auteur fait ressortir les avantages offerts par l'électricité employée comme force motrice dans l'exploitation des tourbières. La tourbe est utilisée soit pour produire de la vapeur, soit pour produire du gaz pauvre qui servent dans l'usine génératrice à alimenter les machines motrices; une longue description est consacrée à l'usine de Wiesmoore.

Les incrustations dans les chaudières à vapeur; remèdes curatifs et préventifs; Gaillard (*Bull. Institut Montefiore*, 1912, p. 229-300).

La production et la distribution du gaz de gazogènes dans le South Staffordshire; H.-A. Humphrey (*Electrician*, 17 janvier 1913, p. 718-719).

Génératrices électriques. — *Génératrices triphasées A. E. G. pour couplage direct avec des turbines hydrauliques*; G. Lewinnek (*E. K. B.*, 14 octobre 1912, p. 605-608). — L'auteur envisage ces machines au point de vue spécial du mode de ventilation. Les plus petites, 5000 kv-a, sont enfermées dans une carcasse ajourée latéralement et par la partie supérieure; l'air est pris et rejeté dans le hall même des machines. Les grandes unités, 12 000 kv-a, sont pourvues de canaux de ventilation. L'air puisé à l'extérieur est amené par des conduites spéciales aux enroulements, puis expulsé au dehors. Le plus souvent l'air est purifié par des filtres établis à l'origine de la canalisation.

Génératrices pour installations hydro-électriques construites par les Siemens-Schuckertwerke; Buchta (E. K. B., 14 octobre 1912, p. 601-605). — Il s'agit de machines dont la vitesse de rotation est comprise entre la vitesse des dynamos entraînées par moteurs à gaz ou à vapeur, et celles directement accouplées aux turbines à vapeur. De plus ces machines commandées par moteurs hydrauliques doivent pouvoir supporter des augmentations de vitesse allant jusqu'à 80 et même 100 pour 100. C'est le procédé de construction appliqué à ces génératrices par les Ateliers Siemens-Schuckert que décrit l'article. Il contient aussi une description du laboratoire d'essais des matériaux bruts et du hall où l'on soumet les rotors terminés à une vitesse double de leur vitesse normale. Ces essais ont une grande importance si l'on remarque qu'une pièce polaire de 1700 kg peut subir une force centrifuge de 1300000 kg.

La construction des turbo-alternateurs à grande vitesse; B.-G.; Lamme (*Proc. A. I. E. E.*, janvier 1913, p. 41-55).

Recherches sur les machines à collecteur à champ tournant; Rudenberg (*Bull. Institut Montefiore*, 1912, p. 343-363).

La réaction d'induit dans les machines à enroulement en boucle; W. Lulofs (*Electrician*, 29 novembre, 6, 13 et 20 décembre 1912, p. 303-305, 340-342, et 550-552).

La variation des pertes d'énergie avec la vitesse dans les machines à courant continu; W.-M. Thornton (*Electrician*, 20 décembre 1912, p. 544-547).

Dispositif des Siemens-Schuckertwerke pour obtenir des variations rapides du champ dans les électro-aimants à enroulement compound (*Helios Zeits.*, 10 novembre 1912, p. 566).

Dispositif pour le réglage du champ de commutation des machines à courant continu (*Helios Zeits.*, 3 novembre 1912, p. 554-555).

La commutation dans les machines à courants continus et à courants alternatifs; Marius Latour (*Bull. Institut Montefiore*, 1912, p. 383-427). — Mémoire couronné au premier concours triennal de la fondation George Montefiore.

(1) Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.

La théorie physique de la commutation; G.-W. Worrall (*Electrician*, 17 janvier 1913, p. 715-718).

Transformateurs, redresseurs. — *Règles relatives à la construction en série des transformateurs à refroidissement par l'air*; M. Vidmar (*E. u. M.*, 15 décembre 1912, p. 1043-1050). — On suppose que le refroidissement des bobines et l'induction dans le fer sont toujours les mêmes; les principes exposés établissent alors comment la puissance du transformateur dépend de son encombrement et de ses dimensions, puis des constantes électriques telles que pertes dans le fer et le cuivre, densité du courant; enfin ils tiennent compte des conditions commerciales tels que le prix et le poids. L'auteur arrive ainsi à quatre relations fondamentales qui permettent de fixer une limite supérieure et une limite inférieure. Les résultats seraient les suivants : 1° les dimensions linéaires des transformateurs d'une série croissent comme la racine quatrième de la puissance; 2° les diverses unités d'une série sont des corps géométriquement semblables; 3° les pertes dans le cuivre croissent comme la racine quatrième de la puissance, celles du fer croissent comme la puissance affectée de l'exposant $\frac{3}{4}$; 4° le poids des bobines des types d'une série croit proportionnellement à la puissance, tandis que le poids du fer croît comme la puissance affectée de l'exposant $\frac{3}{4}$; 5° la densité du courant est inversement proportionnelle à la racine quatrième de la puissance tandis que le prix augmente encore comme la puissance affectée de l'exposant $\frac{3}{4}$; 6° le rendement d'un transformateur n'est plus susceptible d'une amélioration par augmentation de l'induction dès que les pertes dans le cuivre deviennent deux fois plus grandes que les pertes dans le fer; 7° une faible contrainte du métal n'est pas un indice de l'excellence d'un transformateur, car il arrive souvent qu'un bon transformateur revient moins cher qu'un autre type, mal construit, de la même série, dont le rendement reste inférieur malgré une dépense plus grande de matière. Il est encore intéressant de savoir comment se comportent deux unités d'une même série quand on change la fréquence ou l'induction. Les conclusions de l'auteur sont alors les suivantes : Les dimensions linéaires d'un transformateur à refroidissement par l'air sont inversement proportionnelles à la racine 3,5 du produit de l'induction par la fréquence. La densité du courant est inversement proportionnelle à la racine septième du même produit; et enfin le poids et le prix croissent comme la puissance $\frac{6}{7}$ de ce produit. Tout ceci s'applique à des unités de puissance supérieure à celle de l'unité type; pour traiter le cas des unités de puissance inférieure, il faudrait évidemment changer les hypothèses fondamentales.

Formules pour le calcul des transformateurs monophasés; J.-K. Catterson-Smith (*Electrician*, 3 janvier 1913, p. 641-643).

Disposition de canalisations pour transformateur à huile avec refroidissement par l'air ou par l'eau; Fred Buch (*Electrical World*, 7 décembre 1912, p. 1201-1204).

Dispositif donnant automatiquement un jeu longitudinal à l'arbre des commutatrices à un induit; Weilenmann (*E. K. B.*, 24 décembre 1912, p. 761). — Ce dispositif construit par la Maison Brown-Boveri et Cie, de Baden, a pour but de donner un déplacement longitudinal à l'arbre des induits afin de renouveler à chaque instant la surface sur laquelle frottent les balais, de façon à donner une usure régulière au collecteur des machines à courant continu et aux bagues des alternateurs. Il est appliqué notamment à des convertisseurs de 600 kilowatts, 500 t : m, 600 volts triphasés et 440 volts continus et imprime à l'arbre six oscillations longitudinales par minute.

Piles et accumulateurs. — *La pile sèche moderne, ses progrès, sa construction et sa fabrication*; H.-K. Richardson (*Métal and Chemical Eng'ing*, septembre 1912, p. 531-533).

Dispositif pour l'essai automatique et périodique d'une batterie d'accumulateurs (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 523).

Usines d'électricité. — *Usines n° 1 et n° 2 de 29 000 chevaux, de la Appalachian Power Company sur la New River* (*Electrical World*, 30 novembre 1912, p. 1141-1144). — L'énergie produite par cette usine est distribuée à 85 000 volts dans une région houillère,

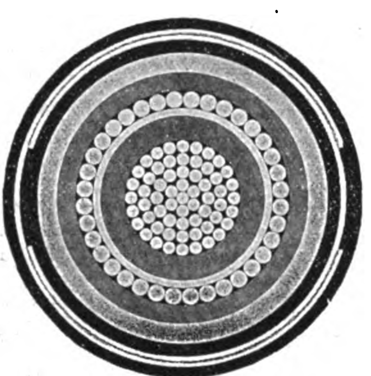
Usine de New Riverdale de la Weber and Davis Counties Com-

Ateliers de Constructions Électriques du Nord et de l'Est

Société Anonyme au Capital de **25.000 000 de Francs.**

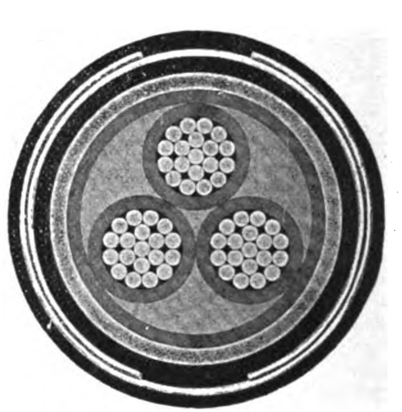
CABLERIE DE JEUMONT (NORD)

SIÈGE SOCIAL : *75, boulevard Haussmann, PARIS*



AGENCES :

PARIS : 75, *boul. Haussmann.*
LYON : 168, *avenue de Saxe.*
LILLE : 34, *rue Faidherbe.*
NANCY : 2, *rue Grandville.*
MARSEILLE : 8, rue des Convalescents.
TOULOUSE : 20, *rue Cujas.*
ALGER : 45, *rue d'Isly.*



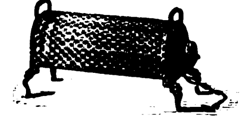
CABLES ARMÉS ET ISOLÉS A HAUTE ET BASSE TENSION

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE GRIVOLAS

PARIS 1900, SAINT-LOUIS 1904, Médailles d'Or
LIÉGE 1905, Grand Prix.

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 2000000 DE FRANCS
Siège social : 16, rue Montgolfier, PARIS

MILAN, 1906, 2 Grands Prix
LONDRES 1908, Membre du Jury.
BRUXELLES 1910, Grand Prix.
TURIN 1911, H.-C. Memb. du Jury.



TÉLÉPHONE : 1030-55 (*1re ligne*)
— 1030-58 (*2e ligne*)
— 1013-27 (*3e ligne*)

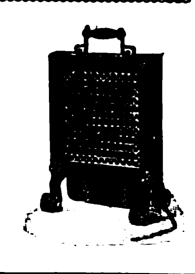
TÉLÉGRAMMES :
GRIVOLAS-MONTGOLFIER-PARIS

RADIATEURS LUMINEUX " QUARTZALITE "

Le chauffage électrique vient de voir son extension s'accroître tout recemment par l'application du **Quartzalite** dans les Radiateurs construits suivant les brevets C.-O. Bastian.

Le **Quartzalite** ne craint ni l'humidité, ni les courants d'air. L'application du **Quartzalite** est des plus efficace dans les radiateurs électriques. Les radiateurs lumineux **Quartzalite** sont d'un prix très avantageux. Les rechanges des radiateurs lumineux **Quartzalite** sont pratiques. Une très grande durée est assurée aux radiateurs **Quartzalite** lumineux. Les courants continus et alternatifs sont applicables aux radiateurs lumineux **Quartzalite**.

MAXIMUM DE RENDEMENT, SIMPLICITÉ, BON MARCHÉ





pany (*Electrical World*, 7 décembre 1912, p. 1191-1194). — Cette usine est alimentée par l'eau d'un canal d'irrigation.

Les usines génératrices de la New England Power Company (*Electrical World*, 28 décembre 1912, p. 1365-1372).

L'usine génératrice de la Halifax Electric Tramway Company (*Electrical World*, 23 novembre 1912, p. 1089-1092).

L'usine génératrice alimentant la ville de Bergen (*Norvège*) (*Electrical World*, 7 décembre 1912, p. 1257-1260).

L'usine de la Norton Company, à Chippawa, Ontario, pour la fabrication du crystolon (*carbure de silicium*); Francis A.-J. Fitz-Gerald (*Metal and Chemical Eng'ing*, septembre 1912, p. 519-521).

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

La réactance synchrone et asynchrone; J. Rezelman (*Electrician*, 27 décembre 1912 et 3 janvier 1913, p. 588-592, et p. 628-639).

Le système Thury pour la transmission de l'énergie par courant continu; Alfred Still (*Electrical World*, 23 et 30 novembre 1912 p. 1093-1095, p. 1144-1146).

Sur la mise à la terre et la non mise à la terre des réseaux à courants alternatifs (*Electrician*, 6 et 13 décembre 1912, p. 352-356 et 385-386).

Perturbations du potentiel et du courant produites dans un réseau de distribution en service par une variation de charge; A.-E. Kennelly (*Electrical World*, 28 décembre 1912, p. 1373-1377).

Appareil pour améliorer le facteur de puissance des systèmes à courants alternatifs; Miles Walker (*Electrician*, 10 janvier 1913, p. 676-679). — L'auteur décrit les avanceurs de phase de Leblanc et indique les propriétés de ces appareils.

Essais comparatifs sur les isolateurs à suspension pour hautes tensions; P.-W. Sothman (*Proc. A. I. E. E.*, décembre 1912, p. 2205-2233).

Essais à haute fréquence sur les isolateurs; L.-E. Imlay et Percy H. Thomas (*Proc. A. I. E. E.*, décembre 1912, p. 2233-2255).

Câbles polyphasés pour 30 000 volts; W. Pfannkuch (*Electrician*, 17 janvier 1913, p. 712-714).

Calculs relatifs aux câbles à haute tension; C. Breitfeld (*E. u. M.*, 15 décembre 1912, p. 1037-1043). — D'après la théorie de Rœssler un câble est complètement défini quand on a mesuré la résistance de court circuit et la résistance à vide d'une longueur l du câble. Rœssler a effectué ces calculs pour des câbles supposés chargés à 10 000 volts; dans le présent article, C. Breitfeld les a étendus à des câbles de 20 000 et 30 000 volts, et ce sont les résultats qu'il a obtenus qu'il publie sous forme de tableaux présentant pour les constructeurs un intérêt considérable puisqu'ils leur permettent, à chaque instant, de contrôler les produits de leur fabrication sans être astreints au long et fastidieux travail des opérations numériques, compliquées du fait que les relations sont toutes données sous forme d'imaginaires.

Dans les deux cas indiqués, les impédances complexes satisfont aux relations

$$|R_l^0| = \rho_l^0 e^{i\varphi_l^0} \quad \text{et} \quad |R_l^{cc}| = \rho_l^{cc} e^{i\varphi_l^{c}},$$

où les amplitudes ρ_l^0 de la résistance à vide ou du câble ouvert et ρ_l^{cc} de la résistance en court circuit se déduisent de

$$\rho_l^0 = \frac{1}{l}\,\frac{1}{\sqrt{\omega^2 C^2 + \sigma^2}} \quad \text{et} \quad \rho_l^{cc} = l\sqrt{r^2 + \omega^2 L^2};$$

ici σ désigne la perte; la signification des autres lettres est d'ailleurs connue. Pour passer aux constantes d'une longueur x du câble, il faut partir des relations imaginaires suivantes

$$|R_x^0| = \sqrt{|R_l^0|\,|R_l^{cc}|} \times \frac{q^{\frac{x}{l}} + 1}{q^{\frac{x}{l}} - 1}$$

$$|R_x^{cc}| = \sqrt{|R_l^0|\,|R_l^{cc}|} \times \frac{q^{\frac{x}{l}} - 1}{q^{\frac{x}{l}} + 1}$$

$$q = \frac{\sqrt{|R_l^0|} - \sqrt{|R_l^{cc}|}}{\sqrt{|R_l^0|} - \sqrt{|R_l^{cc}|}}.$$

On voit donc toutes les difficultés d'une pareille réalisation numérique; encore devons-nous ajouter que la méthode de Rœssler a subi de grandes simplifications que l'auteur résume de la manière suivante : A une erreur près atteignant à peine 1 pour 100, l'amplitude de la résistance du câble court-circuité, ρ_x^{cc}, est proportionnelle à la longueur du câble, c'est-à-dire est représentée par une droite en fonction de la longueur tant que celle-ci ne dépasse pas une valeur déterminée, facile à établir. Dans ces mêmes limites, l'angle de phase φ_x^{cc} est une fonction simple de la longueur. Quant à l'amplitude de la résistance du câble ouvert, ρ_x^0, elle est, toujours dans les mêmes limites, inversement proportionnelle à la longueur; elle est donc graphiquement représentée par une hyperbole équilatère; ρ_x^0 est aussi une fonction simple de la longueur. La longueur type adoptée par C. Breitfeld est $l = 100$ m; de la première table correspondant à cette longueur, il a déduit les constantes relatives à des câbles de 50, 100, 150 et 200 km de longueur.

Un condensateur électrolytique et son application à un type d'interrupteur sans étincelle; K. Siegl (*Electrician*, 10 janvier 1913, p. 668).

La théorie et la pratique des dispositifs de protection contre les surtensions; E. Pfiffner (*E. u. M.*, 17 et 24 novembre et 1er décembre 1912, p. 953-959, 978-985, 1002-1007). — Nombreuses sont les théories imaginées pour expliquer la genèse des surtensions, et plus nombreux encore sont les appareils inventés pour les combattre. L'un de ceux-ci, le condensateur, a été l'objet de nombreuses critiques qui ont tenté de démontrer non seulement son inutilité, mais encore les dangers qu'il peut faire courir aux réseaux sur lesquels il est installé (*voir* les derniers tomes de *La Revue électrique*). Le présent article est une nouvelle contribution à la théorie des surtensions avec étude spéciale du rôle du condensateur. L'auteur considère que l'isolant d'un conducteur est affecté par une composante du champ normale à sa surface et par une composante tangentielle qui correspond à la chute de tension dans le sens de la propagation du courant, tandis que la composante normale est fonction du potentiel du conducteur, de ses dimensions géométriques ainsi que de celles des conducteurs voisins. Comme il n'y a pas d'autres forces électriques, le problème de la surtension ainsi posé est donc général, et l'auteur en conclut que l'isolant d'un conducteur électrique se trouve en danger dès que la différence de potentiel entre conducteurs ou entre conducteurs et terre dépasse dans une certaine mesure la tension normale, ou encore quand la composante tangentielle du champ (chute de potentiel le long du conducteur) atteint une valeur supérieure à celle prévue pour le coefficient de sécurité de l'isolant. Les appareils protecteurs ont donc à remplir les offices suivants : 1° limiter la différence de potentiel des conducteurs entre eux ou entre les conducteurs et la terre; 2° limiter la chute de potentiel le long du conducteur lui-même. Par surtension il faut entendre tout écart du potentiel normal qui se produit en un point quelconque du conducteur et comme, d'ordinaire, il y a, pour un même réseau, plusieurs états stationnaires répondant à des charges différentes, tout passage d'un régime à un autre est encore accompagné d'une surtension; celle-ci est donc caractérisée par la superposition momentanée d'un potentiel au potentiel normal de l'exploitation, ce potentiel extraordinaire résultant soit de causes extérieures, d'origine atmosphérique, soit de causes intérieures provenant des conditions électriques du réseau lui-même (couplage ou découplage de conducteurs, variations brusques de charge, courts circuits et mises à la terre, appareils fonctionnant mal et résonances). La propagation d'une onde électrique le long d'un conducteur a lieu sans déformation de l'onde si le rapport de la chute de tension au courant qui la produit est constant, c'est-à-dire $u = ki$, où le facteur k sera constant, si l'on peut le considérer comme une résistance ohmique; or, en général, tout conducteur a de l'inductance et de la capacité, en sorte que k n'est pas constant, mais peut le devenir pour des combinaisons convenables de l'inductance et de la capacité. L'auteur cherche alors une telle relation pour un conducteur à self-induction et capacité uniformément réparties en admettant que l'onde se propage sans déformation si les pertes d'énergie sont minimum; ce qui le conduit aux relations :

ESCHER WYSS & Cie



Fondée en 1805. — ZURICH

TURBINES A VAPEUR

à action, Système ZOELLY

1.806.000 chevaux en service et en construction

TURBO-POMPES

TURBINES HYDRAULIQUES

Syst. FRANCIS et PELTON. Conduites

2.105.880 chevaux en service et en construction

BUREAU DE PARIS, 39, RUE DE CHATEAUDUN



COMPAGNIE DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE

44, rue du Docteur-Lombard. — ISSY-LES-MOULINEAUX (Seine)

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

Système "BT", breveté S. G. D. G.

Pour courants alternatifs, monophasés et polyphasés

Agréés par l'État, les Villes de Paris, Marseille, Grenoble, etc. Employés par la Compagnie Parisienne d'Electricité, les Secteurs de la Banlieue et les principales Stations de Province.

Plus de 300000 appareils en service

LIMITEURS D'INTENSITÉ pour Courants continu et alternatif

Transformateurs de Mesure - Compteurs horaires

Les REDUCTEURS de VITESSE

Système " WAGNER " breveté

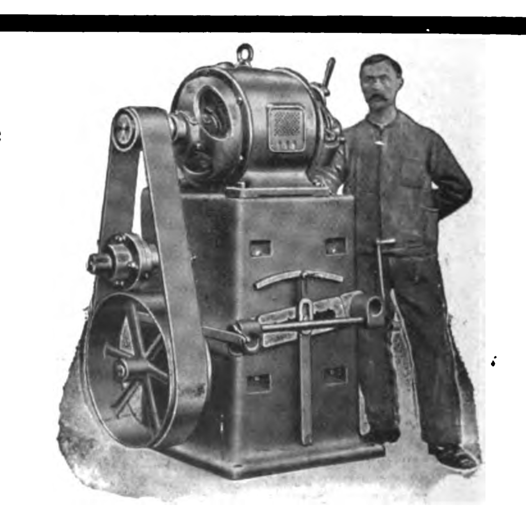
donnent instantanément 10 ou 20 Vitesses différentes, lisibles sur une échelle graduée, variant dans des rapports de 1 jusqu'à 30.

Ils permettent l'emploi de moteurs rapides

DONNANT A TOUTES LES VITESSES DE L'ARBRE-RÉDUCTEUR leur pleine puissance.

Manœuvre simple et facile. — Rendement élevé.

DEMANDER LE CATALOGUE C



Fabrique de Réducteurs de Vitesse " WAGNER "

Agent Général pour la France :

C.-A. HAEUSSLER, Ingénr, 40, rue Blanche, PARIS.

TÉLÉPHONE : 299-69. TÉLÉGRAMMES : Réducteur-Paris.

$$\frac{u}{i} = \sqrt{\frac{r_1}{\sigma}} = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} = k,$$

dans lesquelles L_1, C_1, r_1 et σ sont le coefficient de self-induction, la capacité, la résistance ohmique et la perte par unité de longueur.

En résumé, la théorie présente porte sur la relation $u = i\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$ entre la tension et l'intensité de l'onde en mouvement; la tension et le courant sont en phase et le facteur $\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$ se comporte comme une résistance ohmique qu'on appelle *résistance de l'onde*. Celle-ci se combine donc directement comme une résistance ohmique à d'autres résistances ohmiques. L'auteur applique sa formule à la réflexion des ondes à l'extrémité d'un circuit ouvert, ou quand cette extrémité est mise en court circuit, à l'étude de conducteurs en série avec d'autres conducteurs et des résistances ohmiques etc.; puis il envisage l'influence d'une self-induction et d'une capacité reliées au nœud de deux conducteurs identiques ou dissemblables, etc.

Projet de construction par l'Etat d'un vaste réseau de distribution d'énergie électrique à haute tension dans l'Etat de New-York (*Electrical World*, 4 janvier 1913, p. 33-36). — D'après un récent article de M. A.-H. Perkins publié dans *Engineering Magazine*, la puissance des moteurs primaires de l'État de New-York est d'environ 4 000 000 chevaux, dont 2 200 000 chevaux dans les usines d'électricité pour éclairage, force motrice ou traction, 1 200 000 chevaux produits par moteurs à vapeur dans les établissements industriels et 700 000 chevaux produits par moteurs hydrauliques pour diverses industries. D'après l'accroissement annuel de la puissance utilisée, on peut évaluer à 5 000 000 chevaux la puissance nécessaire en 1915, et à 7 200 000 chevaux celle nécessaire en 1920. M. Perkins estime que sur la puissance totale actuelle de 3 300 000 chevaux fournie par moteurs à vapeur, 2 500 000 chevaux seulement pourraient être fournis par des usines hydro-électriques; en admettant un facteur de diversité de 50 pour 100, la puissance des usines s'élèverait donc à 1 250 000 chevaux environ. D'un autre côté, le projet de distribution prévoit neuf usines hydro-électriques d'une puissance de 1 700 000 chevaux, auxquelles seraient adjointes des usines à vapeur de 800 000 chevaux pour permettre de passer des pointes prévues de 2 150 000 chevaux.

Transmission à haute tension dans le nord de l'Illinois (*Electrical World*, 23 novembre 1912, p. 1095-1097).

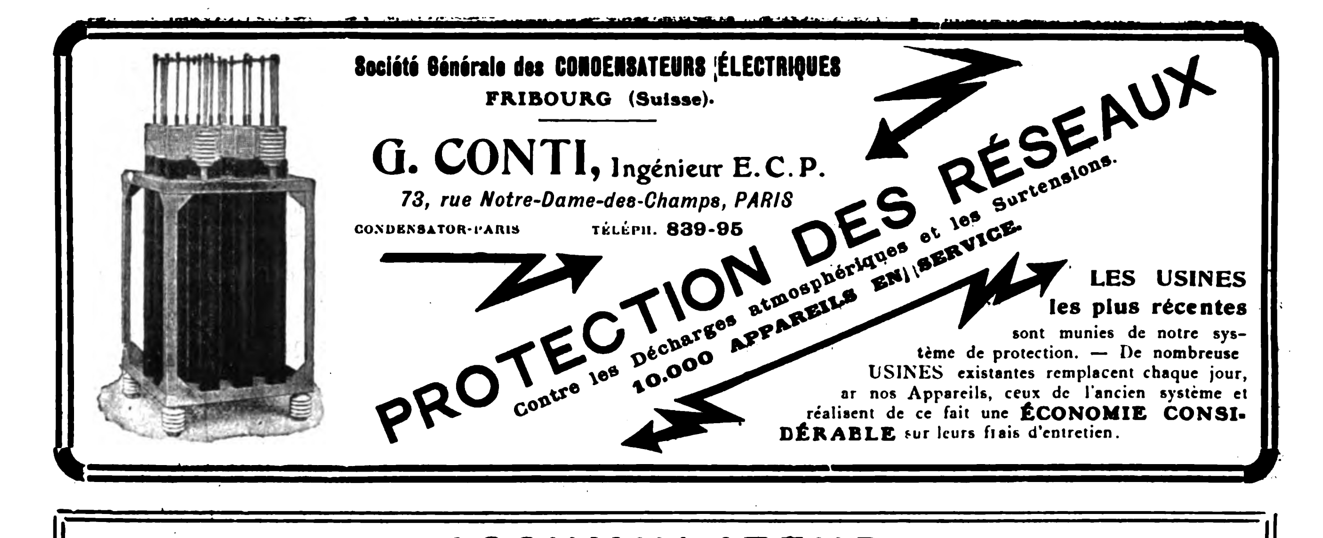
TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

Principe de la relativité et gravitation; Gunnar Nordström (*Phys. Zeits.*, 15 novembre 1912, p. 1126-1129). — L'hypothèse d'Einstein faisant dépendre la vitesse v de la lumière du potentiel de gravitation peut être remplacée par une autre qui, tout en considérant v comme constant, adapte cependant la théorie de la gravitation au principe de la relativité de telle sorte que les masses d'attraction et les masses d'inertie soient égales. C'est le développement d'une telle hypothèse que l'auteur expose.

Sur la théorie de la gravitation; Jun Ishiwara (*Phys. Zeits.*, 15 décembre 1912, p. 1189-1193).

Sur un projet d'expérience à réaliser pour comparer la théorie de la relativité avec les théories mécaniques du rayonnement lumineux; Michele La Rosa (*Phys. Zeits.*, 15 novembre 1912, p. 1129-1131).

Sur la théorie du rayonnement noir; Marcel Brillouin (*C. R., Acad. Sciences*, 13 janvier 1913, p. 124-126). — On sait, par l'un des derniers Mémoires de Henri Poincaré, que l'hypothèse paradoxale des quanta est une conséquence inévitable de l'expérience, quand on suppose que les résonateurs par lesquels on représente la matière émissive et absorbante sont rigoureusement monochromatiques. Or, cette hypothèse est d'une simplicité mathématique qui peut paraître excessive et que rien ne justifie au point de vue expérimental. Il est donc utile d'examiner les conséquences qui résulteraient de son abandon. C'est ce que fait M. Brillouin dans la note qui nous occupe.



Société Générale des CONDENSATEURS ÉLECTRIQUES
FRIBOURG (Suisse).
G. CONTI, Ingénieur E.C.P.
73, rue Notre-Dame-des-Champs, PARIS
CONDENSATOR-PARIS TÉLÉPH. 839-95
PROTECTION DES RÉSEAUX
Contre les Décharges atmosphériques et les Surtensions.
10.000 APPAREILS EN SERVICE.
LES USINES les plus récentes sont munies de notre système de protection. — De nombreuse USINES existantes remplacent chaque jour, ar nos Appareils, ceux de l'ancien système et réalisent de ce fait une ÉCONOMIE CONSIDÉRABLE sur leurs frais d'entretien.





Digitized by Google

La régulation des petits moteurs de laboratoire; H. Barkhausen (*Phys. Zeits.*, 15 novembre 1912, p. 1131-1133).

Sur l'induction électromagnétique et le mouvement relatif; S.-J. Barnett (*Physical Review*, novembre 1912, p. 323-337). — Cette recherche dont l'origine remonte à 1902, a pour objet de trouver une solution au problème de l'induction unipolaire.

Sur les éléments d'énergie; Jacques Duclaux (*C. R. Acad. Sciences*, 13 janvier 1913, p. 142-144). — La théorie du rayonnement noir a conduit Planck à la notion du *quantum* d'action et de l'élément d'énergie. Le *quantum* d'action, introduit par des considérations de probabilité, est une constante universelle h; l'élément d'énergie, qui n'est défini que pour un mouvement périodique de fréquence ν, est le produit $h\nu$. M. Duclaux montre qu'on peut arriver à la même notion de l'élément d'énergie par une autre voie, indépendante de la première, en partant de la règle de Pictet-Trouton, d'après laquelle le quotient de la chaleur de vaporisation moléculaire d'un liquide par la température d'ébullition est à peu près le même pour tous les liquides. M. Duclaux montre en outre que la valeur numérique de cet élément d'énergie est très sensiblement égale à celle de l'élément d'énergie de Planck. Si l'on tient compte que le calcul des valeurs numériques ne peut être qu'approché, il y a lieu de penser que les deux valeurs trouvées sont identiques.

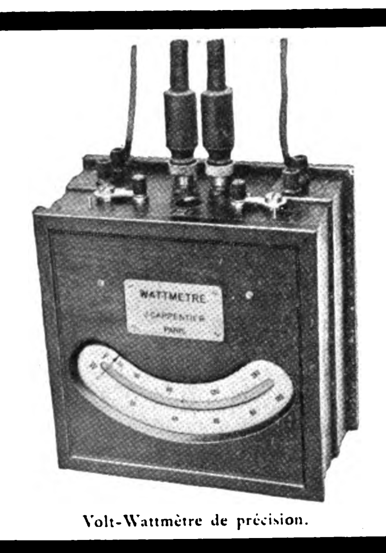
Diffusion de la lumière par les milieux troubles; Franziska Hexheimer (*Phys. Zeits.*, 15 novembre 1912, p. 1106-1112). — Une première théorie de Lord Rayleigh sur la dispersion de la lumière par des corpuscules supposés petits par rapport aux longueurs d'onde de la lumière a conduit à ce résultat que l'intensité de la lumière dispersée dans une direction normale au rayon incident présente un minimum, et que cette normale est un axe de symétrie pour l'intensité de la lumière dispersée; dans une nouvelle communication, lord Rayleigh étend ses hypothèses à des corps dont les dimensions ne sont plus négligeables par rapport aux longueurs d'onde lumineuses. Mais le calcul n'a pu être effectué qu'en supposant ou que la constante diélectrique du médium diffère infiniment peu de celle du milieu ambiant, ou que les particules ont une forme sphérique. Rayleigh a adopté la deuxième hypothèse et pris pour la constante diélectrique le nombre 2,25. Son travail contient des courbes que l'auteur compare avec celles résultant de ses propres observations. Pour cela, elle compare photométriquement la lumière diffusée dans une direction normale au faisceau incident avec la lumière diffusée dans une direction quelconque. Elle la compare ensuite avec la lumière incidente. Elle a fait des expériences dans les gaz et les liquides, en particulier elle a comparé à la théorie les résultats expérimentaux obtenus avec un brouillard de sel ammoniac. La concordance est satisfaisante. Elle a observé que le coefficient d'absorption de la lumière par le brouillard de sel ammoniac varie avec le temps et passe par un maximum. Ce phénomène paraît-être dû à une variation des dimensions des particules.

Le potentiel et la force électrostatique dans le champ de deux électrodes métalliques sphériques; Geo R. Dean (*Physical Review*, décembre 1912, p. 459-470).

Essais en vue de déceler s'il se produit un changement de poids ou un couple directeur quand on charge un condensateur; P.G. Agnew et W.-C. Bishop (*Physical Review*, décembre 1912, p. 470-477).

Sur l'effet d'écran électrostatique produit par de minces couches d'argent; Miss Shirley Hyatt (*Physical Review*, novembre 1912, p. 337-347).

La réflexion des électrons; A.-W. Hull (*Physical Review*, novembre 1912, p. 400). — Von Bayer a trouvé que quand des électrons se mouvant avec des vitesses plus grandes que $1,6 . 10^8$ cm : s tombent sur une plaque de métal poli, plus de 60 pour 100 de ces électrons sont réfléchis, et il a admis que pour des électrons de vitesses plus faibles la proportion d'électrons réfléchis doit être plus grande. L'auteur a constaté expérimentalement que cette hypothèse est inexacte, car les électrons de faible vitesse produits par les rayons ultraviolets dans une enceinte où ne s'exerce aucun champ magnétique sont réfléchis en proportion extrêmement petite, certainement inférieure à 1 pour 100.



Volt-Wattmètre de précision.

Ateliers Ruhmkorff

INSTRUMENTS de PRÉCISION

J. CARPENTIER

20, rue Delambre, PARIS. — *Téléphone* **705-65**

MESURES ÉLECTRIQUES

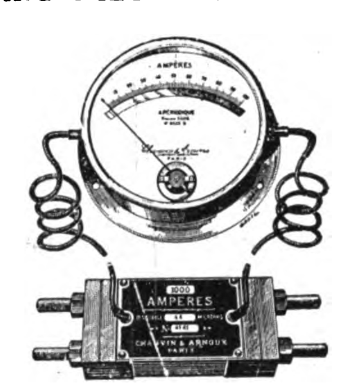
ÉTALONS — BOITES de RÉSISTANCES
POTENTIOMÈTRES
Ponts de Wheatstone — Ponts de Thomson
GALVANOMÈTRES de tous systèmes
OSCILLOGRAPHES
AMPÈREMÈTRES — VOLTMÈTRES
WATTMÈTRES de tous systèmes, pour courants continus ou alternatifs
MODÈLES de TABLEAUX
MODÈLES de CONTROLE
BOITES de CONTROLE
ENREGISTREURS

ÉLECTROMÈTRES
pour toutes tensions jusque 200 000 volts
PHASEMÈTRES — FRÉQUENCEMÈTRES
Appareils à deux aiguilles — Logomètres
OHMMÈTRES
Installation de mesures d'isolement
APPAREILS POUR LES ESSAIS MAGNÉTIQUES DES FERS
PYROMÈTRES ÉLECTRIQUES, INDICATEURS OU ENREGISTREURS
Modèles à couple thermo-électriques et à résistances

Demander les catalogues :
A, complet. — **B,** mesures électriques industrielles. — **C,** ampèremètres, voltmètres, wattmètres.

CHAUVIN & ARNOUX

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS, 186 et 188, rue Championnet, PARIS, XVIII



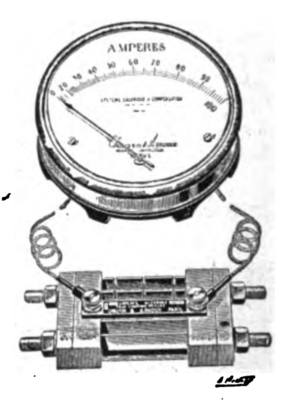
Hors Concours : Milan 1906.
Grands Prix : Paris 1900; Liége 1905; Marseille 1908; Londres 1908.
Médailles d'Or : Bruxelles 1897; Paris 1899; Paris 1900; Saint-Louis 1904.

INSTRUMENTS

Pour toutes mesures électriques

DEMANDER L'ALBUM GÉNÉRAL

Téléphone : 525-52. Adresse télégraphique : ELECMESUR, Paris.



SOCIÉTÉ DE L'ACCUMULATEUR

TUDOR

(Société anonyme. Capital 2.450.000 Francs)

Pour Stations centrales, Installations privées, Allumage de Moteurs, etc.

TYPES FIXES ET TRANSPORTABLES

AGENCES
LE MANS : 7, rue des Plantes.
LYON : 106, rue de l'Hôtel-de-Ville.
NANCY : 17, boulevard Godefroy de-Bouillon.
TOULOUSE : 53, rue Raymond-IV.
ALGER : 3, rue Monge.

USINES A LILLE : 51-53, route d'Arras.

SIÈGE SOCIAL ET BUREAUX :

26, rue de la Bienfaisance
PARIS
Téléph. : 592-90

Calcul des constantes optiques des métaux d'après des mesures de différences de phases; Constantin Zakrzewski (*Phys. Zeits.* 15 décembre 1912, p. 1186-1189).

Recherche sur l'émission des raies D par divers composés du sodium; une nouvelle détermination des paramètres optiques de la raie D; Konstantin Ivanow (*Phys. Zeits.*, 15 novembre 1912, p. 1112-1123). — En employant la méthode de photométrie photographique de Schwarzchild, l'auteur a étudié l'intensité des raies D émises dans la flamme par des quantités équivalentes des différents sels de sodium. Il a traduit le résultat de ses mesures par les nombres suivants exprimés en unités arbitraires pour les raies D_1 et D_2 : Na I, 54,4 — 45,5; Na Br, 46,0 — 41,0; Na Cl, 42,4 — 36,4; Na^2Co^3, 40,7 — 33,8. Remarquant que l'intensité des raies émises décroît avec la stabilité du composé considéré, il en conclut que ce sont les conditions thermiques qui jouent le principal rôle dans l'émission par les flammes; enfin l'auteur a déterminé par la méthode de Voigt les paramètres ρ et v' qui, d'après la théorie de Drude, caractérisent les propriétés optiques d'un corps. Il a obtenu ainsi les valeurs caractéristiques de Na au voisinage de D_1 : $v' = 40,5 \times 10^{10}$ et $\rho = 6,27 \times 10^{23}$ ou $6,33 \times 10^{23}$, d'où l'on tire $n\varkappa = 2,4 \times 10^{-4}$.

Les courbes d'absorption des solutions d'argent colloïdales; R. Gans (*Phys. Zeits.*, 15 décembre 1912, p. 1185-1186).

Sur l'occlusion des produits du radium; Costanzo (*C. R. Acad. Sciences*, 13 janvier 1913, p. 126-127). — Les expériences ont été faites avec trois disques de palladium de 2 cm de diamètre et 1 mm, 0,5 mm et 0,1 mm d'épaisseur, trois disques en laiton et trois disques en caoutchouc de mêmes dimensions. Ces disques étaient placés dans une cloche contenant du chlorure de baryum radifère dont la teneur en radium pur était voisine de 1 mg ils étaient disposés parallèlement à la couche activante appuyés sur une grille de fils métalliques à mailles très écartées l'une de l'autre. Les observations conduisent aux résultats suivants : 1° le laiton suit les lois établies par Curie sur la radioactivité induite des métaux; 2° Le palladium présente le phénomène de l'occlusion des produits de désintégration du radium à peu près au même degré que le caoutchouc, pour des lames assez minces; 3° l'épaisseur des lames activées paraît avoir, dans les phénomènes d'occlusion, une petite influence qui n'est pas encore assez définie, mais qui cependant est appréciable; 4° pour des lames épaisses, et dans les mêmes conditions d'expérience, l'activité qu'on observe quand on retire la lame de l'enceinte activante, est, au début, plus forte avec le palladium qu'avec le caoutchouc. — Une application immédiate qu'on peut faire de ces conclusions est de remplacer les fils métalliques employés pour l'étude de la radioactivité induite, spécialement dans l'atmosphère, par les fils de palladium.

Sur les produits de désagrégation radioactifs solides en suspension dans l'atmosphère; Fritz Kohlrausch (*Phys. Zeits.*, 15 décembre 1912, p. 1193-1198). — Revue d'ensemble et critique des travaux récents sur la radioactivité de l'atmosphère.

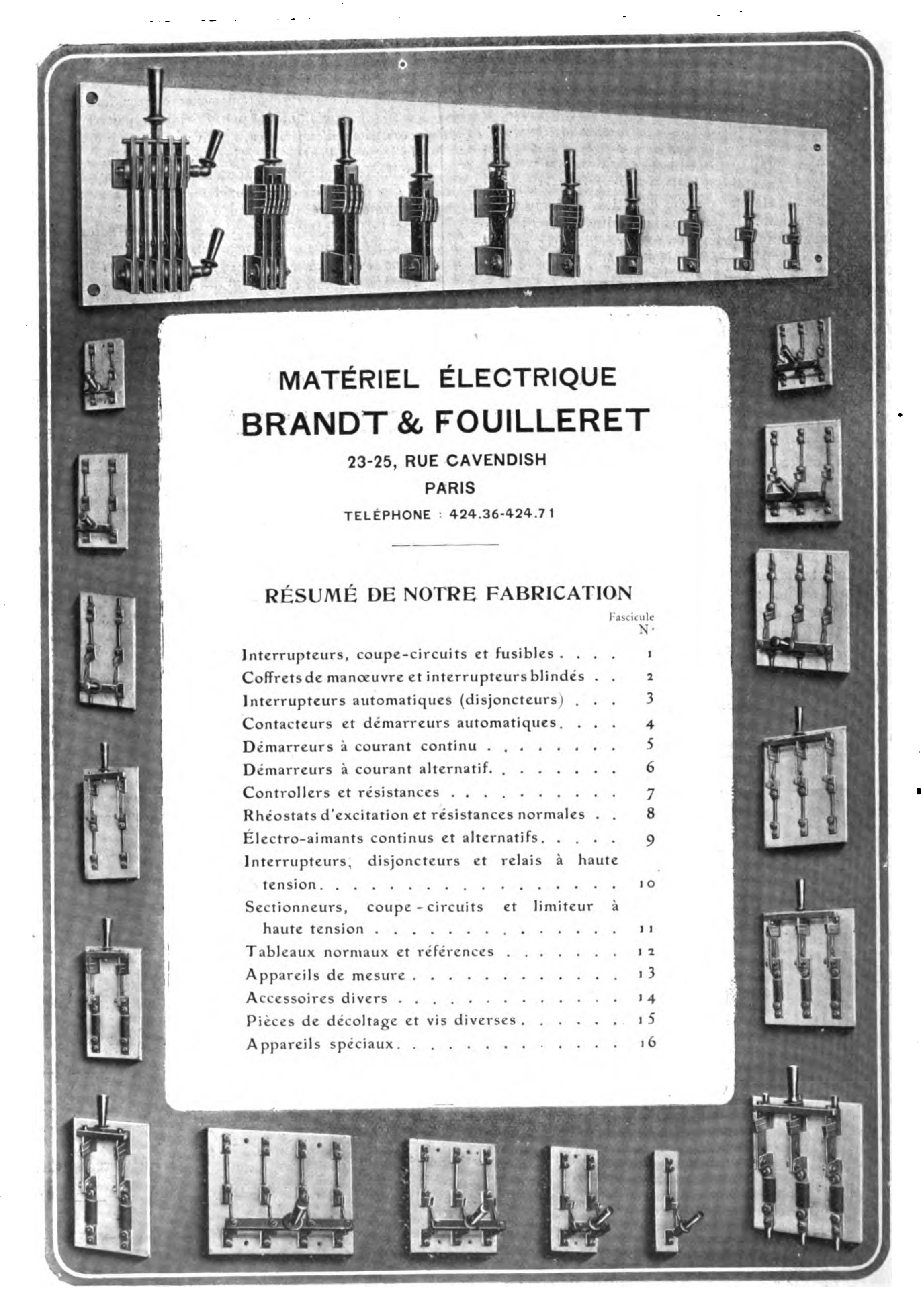
L'émission asymétrique des rayons secondaires; O.-W. Richardson (*Physical Review*, novembre 1912, p. 403).

Sur la source de l'électricité des étoiles; Kr. Birkeland (*C. R. Acad. des Sciences*, 23 décembre 1912, p. 1467-1471). — Dans une théorie, exposée antérieurement, sur l'origine des planètes et de leurs satellites, l'auteur a été conduit à admettre que le Soleil possède une tension négative très grande par rapport à l'espace ambiant. L'auteur indique quelques expériences faites par lui ou par d'autres observateurs qui le conduisent à penser que le Soleil et les planètes deviennent négatifs par leur radiation.

Variation de la résistance électrique avec la température; A.-A. Somerville (*Physical Review*, novembre 1912, p. 401). — Les expériences ont porté sur sept oxydes, (de calcium, de thorium, d'antimoine, de nickel, d'étain, etc.), deux sulfates (de cuivre et de fer), un chlorure (de sodium), et une substance désignée par alberene. Ces corps étaient réduits en poudre et enfermés dans un tube de porcelaine où ils étaient légèrement comprimés.

Sur la nature de l'effet Volta; Fernando Sanford (*Physical Review*, décembre 1912, p. 484-490).

Sur une méthode de mesure de l'effet Thomson; H.-R. Nettleton (Communication à la séance du 8 novembre 1912 de la Physical Society, de Londres). — L'auteur étudie la distribution de la tem-



AGENCES
LILLE - LYON - MARSEILLE
NANCY - BORDEAUX - NICE

USINES :
à PARIS, 23-25, Rue Cavendish
à LONGUEVILLE (Seine-et-Marne)

pérature le long d'un conducteur parcouru par un courant électrique et en même temps se mouvant uniformément entre deux sources de température fixées. L'effet de la chaleur de Thomson est exactement semblable à celui d'une faible vitesse imprimée. L'auteur applique ce résultat à la mesure de l'effet Thomson dans le mercure en comparant l'atération de température $\Delta\Phi_1$ en un point proche du milieu du gradient causé en renversant un courant de C ampères avec l'altération de température $\Delta\Phi_2$ au même point due à un flux de mercure de m g. par seconde. On a alors, sans faire intervenir la perte d'émissivité ou la chaleur de Joule, $\frac{2C\sigma}{ms} = \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta\Phi_2}$, où s est la chaleur spécifique du mercure et σ la chaleur spécifique de l'électricité. En opérant avec des courants de 4 à 9 ampères et avec des flux ne dépassant pas 1 cm par heure, on obtient des valeurs concordantes de σ, la valeur à 61° C. étant de — $1,52 \times 10^{-6}$ cal par degré C. et par coulomb.

Endosmose électrique; W.-D. Bancroft (*Electrician*, 17 janvier 1913, p. 719-720).

La méthode de la goutte d'huile pour l'étude des phénomènes électriques dans les gaz; R.-A. Millikan (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 383-385).

Les propriétés lumineuses de l'hélium sous l'influence d'un courant; P.-G. Nutting (*Bull. of Bureau of Standards*, Vol. VIII, n° 3, p. 487-495).

Propriétés électriques du bore; E. Weintraub (*E. u. M.*, 22 décembre 1912, p. 1073). — Ce corps a été préparé absolument pur dans le laboratoire des recherches de la General Electric C° de Schenectady par les deux procédés suivants. Suivant le procédé de Moissan, on réduit l'anhydride borique B^2O^3 par de la limaille de magnésium, ce qui donne du bore à 98 pour 100, avec des traces de B^6O qu'on fait disparaître complètement en traitant le produit par l'arc au mercure. En réduisant le chlorure de bore BCl^3 par l'hydrogène, on obtient directement du bore pur, en poudre. Celui-ci est fondu électriquement de façon à former des crayons; pour cette opération, il faut employer des creusets garnis d'azoture de bore qui reste inattaqué même à la température de fusion du tantale (2740°). Le bore fond à 2300°; à l'état pur, il présente une résistance extraordinairement élevée : 2 000 000 ohms par centimètre cube; cette propriété le recommande pour la construction des résistances de réglage et des fours électriques. Les impuretés abaissent naturellement cette résistance qui tombe à 70 000 ohms pour du bore à 96 pour 100. Le bore a un coefficient de température négatif très élevé; la résistance d'un ruban de bore qui est de 770 000 ohms à 27° C. tombe vers 7 ohms à 520°, et au-dessous de 1 ohm à 1000° C. Aussi la caractéristique statique d'un échantillon de bore pure présente-t-elle une pointe très aiguë qui s'aplatit dès qu'il y a des traces d'impuretés.

La résistivité électrique du diamant; H. von Wartenberg (*Phys. Zeits.*, 15 novembre 1912, p. 1123-1125). — Au cours de ses expériences sur la résistance électrique des minéraux aux hautes températures, M. Doelter a trouvé que le diamant éprouvait vers 1150° une diminution de résistance considérable. M. von Wartenberg a pensé que cette anomalie ne pouvait provenir que d'un dispositif expérimental mal adapté et a repris ces mesures entre 800° et 1380° C. en se servant de la formule $r = e : i$. Tout en variant les conditions il a toujours obtenu, pour une même température, des valeurs très concordantes de la résistivité à savoir : 1030°, $\rho < 10^7$ ohms; 1170°, $\rho = 9,2 \times 10^6$ et Doelter, 5×10^4; 1250°, $\rho = 4,4 \times 10^6$ et Doelter, 6×10^3; 1300°, $\rho = 2,3 \times 10^6$ et Doelter, 5×10^3; 1330°, $\rho = 1,3 \times 10^6$; 1380°, $7,5 \times 10^5$. En résumé, l'auteur conclut que, jusqu'à 1350°, le diamant a une résistivité d'au moins 10^6 ohms, et elle est très probablement de beaucoup supérieure, si l'on tient compte des différentes perturbations qui peuvent fausser les mesures. Par exemple, à ces hautes températures le gaz circulant dans l'appareil devient lui-même conducteur; en effet, à 1300° sa résistance devient égale à $2,7 \times 10^7$ ohms et à 1420°, $1,3 \times 10^7$ ohms. Les impuretés que contient le diamant des cendres dans la proportion de 0,08 à 0,15 pour 100, semblent les causes déterminantes de la conductivité du diamant; une transformation partielle en carbone peut agir dans le même sens.

Analogies du phénomène de von Waltenhofen avec les effets de magnétostriction de Joule et de Wiedemann dans les tiges de nickel et d'acier; S.-R. Williams (*Physical Review*, novembre 1912, p. 399-400). — Le phénomène von Waltenhofen, signalé par ce savant en 1863, consiste en ce que le magnétisme résiduel est moindre quand le champ d'aimantation est supprimé subitement

Le Soleil

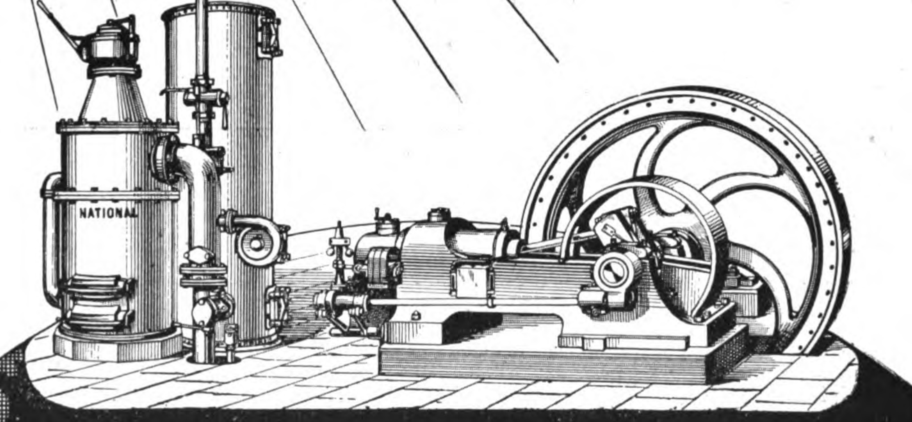
ne se Couche Jamais sur LES

MOTEURS A GAZ

& GAZOGÈNES

"NATIONAL"

GAZ de VILLE, GAZ PAUVRE,
ESSENCE, ALCOOL, PÉTROLE.



Car ILS ACTIONNENT LE MONDE

Cie Fse des MOTEURS A GAZ "NATIONAL"
PARIS - 138 Boulevard RICHARD-LENOIR

PUBLICITÉ INDUSTRIELLE ARTUS, PARIS.

que quand il est diminué progressivement jusqu'à devenir nul. L'auteur a recherché s'il y avait quelque chose d'analogue dans les effets de magnétostriction de Joule et Wiedemann, et il a en effet, constaté que ces effets sont différents suivant que le champ est supprimé brusquement ou graduellement.

Expériences avec la bobine d'induction et le tube de Röntgen; Friedrich Dessauer (*Phys. Zeits.*, 15 novembre 1912, p. 1101-1105). — Le problème que poursuit l'auteur est la réalisation de photographies par rayons X avec une seule étincelle, c'est-à-dire la radiographie extra-instantanée. Les dispositifs de ruptures du courant et la construction de bobines spéciales qui satisferaient à ces conditions trouveraient des applications multiples dans le domaine médical. Ainsi le cœur humain effectue ses battements, aller et retour, en 0,8 seconde, la systole ou mouvement de contraction ayant seulement une durée de 0,1 seconde. Ces pulsations ont leur répercussion dans tous les organes suspendus, comme le foie, les poumons et aussi dans la respiration, etc. L'œil humain est trop paresseux pour suivre ces mouvements sur un écran fluorescent; de même que la photographie instantanée a seule pu reproduire avec exactitude les différentes phases des mouvements rapides, galop et vol des oiseaux, de même c'est elle qui analysera le rythme de nos organes dans ses différentes phases. L'auteur a donc imaginé dans ce but une bobine ayant une grande section de fer et qui donne des étincelles isolées très intenses; on l'excite par des courants de grande intensité, mais de faible durée, ce qui exige des dispositifs de rupture automatique qui coupent le courant aussitôt après la fermeture du circuit. On employait d'abord un ressort qui lançait un boulon auquel était reliée une tige plongeant dans du mercure; mais les ruptures sur le mercure ne présentent aucune constance; on a aussi essayé de fondre le fil en un point du circuit en l'entourant d'un mélange explosif qui s'enflammait aussitôt que le courant était établi; la conductivité des gaz résiduels ne permettait pas un arrêt net du courant. Il faut produire « l'explosion » du fil, par des moyens purement électriques; à cet effet, on enferme dans une cartouche absolument étanche un fil de 0,3 mm d'épaisseur; celui-ci, soumis à un courant des centaines de fois plus forts que son courant normal, ne passe plus par l'état liquide, mais se volatilise instantanément. La pression des vapeurs dans l'enceinte fermée assure une rupture brusque telle qu'elle est nécessaire pour ce genre d'opérations. Dans les expériences ayant simplement pour but de montrer l'étincelle résultante, il est bon de rapprocher l'éclateur de la bobine dont le champ produit une sorte de soufflage, sous l'action duquel l'arc se transforme en une flamme d'un aspect magnifique. Les oscillographies relevées par le professeur Déguisne montrent que 0,04 seconde après la fermeture, le courant primaire et le champ magnétique ont atteint leur maximum, et que 0,001 seconde après cet instant, le courant primaire est tombé de 250 ampères à 0, sans qu'il y ait de condensateur dans le circuit. Une opération complète ne demande donc pas plus de 0,06 seconde, en sorte qu'on peut faire 16 épreuves par seconde; la photographie cinématographique des organes du corps humain est donc résolue, et l'auteur possède des films du cœur et du pouls. La réalisation du cinématographe lui-même, c'est-à-dire le défilage des plaques, présente de grandes difficultés que l'auteur est parvenu néanmoins à vaincre. On a aussi utilisé ces décharges isolées pour se rendre compte combien de temps durait l'émission des rayons X par rapport au passage de la décharge dans le tube. Pour cela, on fait tomber les rayons, à travers une fente, sur un film convenablement enveloppé et animé d'une vitesse connue, de façon à réaliser des périodes d'éclairement variant de 0,01 à 0,05 de seconde. Les épreuves ont toujours montré que l'éclairement n'est pas régulier, mais se répartit en zones, qui permettent de conclure que pendant sa courte illumination le tube n'émet pas des rayons d'une façon continue, mais par à-coups séparés d'extinctions. Il faut chercher l'explication de ces particularités dans la bobine elle-même, qui ne donnerait la décharge que par à-coups dépendant de son oscillation propre.

Etude oscillographique de l'arc chantant; J.-E. Hoyt (*Physical Review*, novembre 1912, p. 387-397).

La décharge oscillatoire d'une bouteille de Leyde; R.-R. Ramsey; (*Physical Review*, novembre 1912, p. 405). — La décharge est produite entre deux tiges métalliques presque parallèles et distantes d'environ 1 cm; un fort courant d'air chasse la décharge vers les extrémités qui sont les plus distantes. On obtient ainsi sur une plaque photographique des images séparées des diverses oscillations avec plus de commodité que par l'emploi des miroirs tournants.

Sur la vibration d'un système de Lecher employant un oscillateur Lecher; F.-C. Blake et Charles Shearn (*Physical Review*, juillet 1912, p. 1-27).

VARIÉTÉS.

La rémunération et l'établissement des tarifs des usines génératrices; L. ROSENBAUM (*E. u. M.*, 8 décembre 1912, p. 1025-1028). — S'en référant à la statistique de l'Union des Usines génératrices d'électricité, l'auteur établit à nouveau le prix de revient des installations de diverses puissances, les dépenses en combustibles et les frais d'exlpoitation et étudie l'influence de ces divers facteurs sur le rendement économique des usines. Il arrive à cette conclusion que toutes les théories échafaudées pour donner des règles générales pour l'établissement d'un système de tarification sont absolument illusoires; c'est une question purement locale.

Les propriétés des diélectriques dans les champs des courants alternatifs (gutta-percha); G.-L. ADDENBROOKE (*Electrician*, 10 janvier 1913, p. 673-676). — L'auteur indique les valeurs de la perte diélectrique dans la gutta-percha, quand elle est soumise à de très basses fréquences, telles que celles en usage dans l'exploitation des câbles sous-marins. Il trouve que le coefficient de température est beaucoup moindre pour les tensions alternatives que pour les tensions continues.

L'influence de la température dans les pertes par hystérésis dans les tôles d'acier, Malcolm MACLAREN (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 516-518).

Relation entre les propriétés magnétiques et les propriétés élastiques d'une série d'échantillons de fers doux carburés; C.-W. WAGGONER (*Physical Review*, juillet 1912, p. 58-66)

Note sur la conservation des appuis en bois; P. DUBOIS (*Bull. Institut Montefiore*, 1912, p. 183-197).

Relation entre la température et la viscosité des lubrifiants; R.-L. ELLIS (*Metal and Chemical Eng'ing*, septembre 1912, p. 546-549).

La précipitation électrique des matières en suspension dans les gaz; W.-W. STRONG (*Journ. Franklin Institute*, septembre 1912, p. 239-265).

La précipitation par l'électricité des matières en suspension dans l'air; Linn BRADLEY (*Metall. and Chem. Eng'ing*, octobre 1912, p. 686-688).

Le point de fusion des briques réfractaires; C.-W. KANOLT (*Technologic Papers of the Bureau of Standards*, n° 10). — L'auteur a déterminé les points de fusion de 54 échantillons de briques réfractaires parmi lesquelles des briques d'argile, de bauxite, de silice, de magnésie et de chromite. Ces briques étaient chauffées dans un four électrique dont la température était déterminée par un pyromètre optique de Holborn-Kurlbaum. Les points de fusion des principales matières entrant dans la composition de ces briques ont été également déterminés; l'auteur a trouvé :

Pour la silice la température indiquée n'est pas le vrai point de fusion, mais la température à laquelle la silice commence à couler nettement. Le Mémoire se termine par la description de la méthode employée pour calibrer le pyromètre optique.

Résistance des matériaux réfractaires aux brusques changements de température; Paul WINDSZUS (*Metall and Chem. Eng'ing*, octobre 1912, p. 662).

La protection des édifices contre la foudre; E.-J. BERG (*Electrician*, 10 janvier 1913, p. 666-667). — Communication faite à l'Illinois State Electric Association. L'auteur y relate les quelques données que nous avons sur les propriétés de la décharge constituant la foudre, puis il examine les moyens préconisés pour se préserver de ses effets. Parmi les recommandations nous relevons celle-ci : il est prudent de maintenir fermées les portes et fenêtres pendant un violent orage. C'est qu'en effet ces ouvertures livrent passage à des courants d'air qui peut avoir été ionisé par une précédente décharge, et par conséquent deveau bon conducteur. En terminant l'auteur fait observer que l'ensemble des dommages causés par la foudre est relativement petit, et qu'en particulier les modernes sky-scrapers des cités américaines paraissent être à l'abri de la foudre.

Problème général de l'action gyrostatique; J.-W. MILNOR (*Phyical Review*, décembre 1912, p. 470-477).

La nutation dans les applications pratiques des systèmes gyrostatiques; Burt L. NEWKIRK (*Physical Review*, juillet 1912, p. 27-31).

Les travaux de la Commission électrotechnique internationale; Silvanus P. THOMPSON (*Electrician*, 3 janvier 1913, p. 632-634).

BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin (H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.), 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

447103. Low. — Nouvelle disposition pour électrodes destinées aux lampes électriques à arc, 10 août 1912.

447104. Low. — Électrode à corps fondu ou sectionné ayant une ouverture centrale, 10 août 1912.

16313/446310. Morsaint. — Procédé de fabrication des filaments pour lampes électriques à incandescence, 6 août 1912.

16323/426686. Société nouvelle de la lampe Hydra. — Lampe électrique à incandescence, 8 août 1912.

16335/444361. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Procédé pour neutraliser la self-induction des enroulements des machines et appareils électriques, 21 octobre 1911.

16336/446285. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Procédé d'anticompoundage pour machines génératrices à courant continu, 21 octobre 1911.

447314. Guillet. — Transformateur de mouvement oscillatoire en mouvement de rotation continu de même fréquence et uniforme ou de rotation régulièrement discontinue, 3 août 1912.

447337. Soulier. — Résistances variables pour appareils électriques, 24 octobre 1911.

447343. Winterhalder. — Disjoncteur électrique automatique, 17 août 1912.

447408. Société the Cutler-Hammer Mfg. C°. — Interrupteurs électriques à détente, 20 août 1912.

447464. Kovacs. — Coupe-circuit à fusible, 22 août 1912.

447473. Société anonyme Westinghouse. — Contrôleur pour moteurs électriques, 22 août 1912.

16346/428211. Société Rodrigues Gauthier et Cie. — Perfectionnements aux prises de courant, 12 août 1912.

16345/441588. Gonnet. — Four électrique à électrodes, 10 août 1912.

447323. Société dite The Z Electric Lamp Mfgg. C° Ltd. — Perfectionnements à la fabrication des fils pour lampes électriques à incandescence, 9 août 1912.

447426. Morsaint. — Procédé de fabrication des filaments pour lampes à incandescence électriques, 21 août 1912.

447489. Société anonyme Montbarbon. — Perfectionnements apportés aux machines électriques à induction, etc., 15 mai 1912.

447690. Société The Lancashire Dynamo et Motor C° Ltd et Wood. — Appareil pour actionner et contrôler électriquement les raboteuses et autres machines à mouvement alternatif du même genre, 28 août 1912.

447691. Société The Lancashire Dynamo and Motor C° Ltd et Wood. — Appareil pour actionner et contrôler électriquement les raboteuses et autres machines à mouvement alternatif du même genre, 28 août 1912.

447726. Compagnie internationale des Accumulateurs Vedeka. — Perfectionnements aux accumulateurs, 29 août 1912.

447693. Société dite Le Matériel téléphonique. — Appareil de contrôle, 28 août 1912.

16394/446996. Société Vedovelli Priestley et Cie. — Dispositifs de sécurité complète pour canalisations électriques, 24 août 1912.

16369/444356. Compagnie générale radiotélégraphique. — Dispositif pour produire des oscillations électriques de haute fréquence, 3 novembre 1911.

447532. Société internationale d'Appareils a Magnéto S. A. — Appareil électrique actionné à la main et servant à produire de la lumière, 29 juillet 1912.

16389/447426. Morsaint. — Procédé de fabrication des filaments pour lampes électriques à incandescence, 23 août 1912.

16400/444362. De Spiridonoff. — Tulipe pour lampes électriques, 27 août 1912.

Résultats d'exploitation. — Le tableau ci-dessous indique les recettes de quelques sociétés d'électricité pendant le mois de novembre et les dix premiers mois de 1912.

DÉSIGNATION.	RECETTES du mois de novembre 1912	RECETTES depuis le début de l'année	DIFFÉRENCE Augment. en faveur de 1912
	fr	fr	
Énergie électrique du Nord de la France	276347	2554444	497221
Société roubaisienne d'Éclairage	310012	2582603	121944
Électrique Lille, Roubaix, Tourcoing	164450	1814619	100214
Énergie électrique du Centre	342670	3206486	478010
Compagnie électrique de la Loire	311 863	2906911	385 390
Société générale de Forces motrices et d'Éclairage de la Ville de Grenoble	50 931	408 508	17 489
Société des Forces motrices du Haut-Grésivaudan	59406	615374	89 932
Union électrique	97 640	934874	264 710
Est-Lumière	490 419	4109171	624 323
Société d'Électricité de Caen	71 700	595061	117309
Société méridionale de Transport de Force	165 538	1599466	173 124
Sud-Électrique	214 973	1847146	419094
Est-Électrique	74 794	578943	271 939
Électricité de Bordeaux et du Midi	171 872	1167627	129 176
Énergie électrique du Sud-Ouest	203 641	1692204	421 252
Énergie électrique du Littoral méditerranéen	570 653	6136849	713 677
Chemins de fer électriques départementaux de la Haute-Vienne	49 476	431573	284 852
Tramways de Roubaix-Tourcoing	168 498	1871149	— 111946 (1)

(1) La différence négative s'explique par le fait qu'en 1911 se tenait l'Exposition de Roubaix.

Nouvelles Sociétés. — *Société en commandite par actions d'électricité du Taillan.* — Siège social au Taillan (Gironde).

Compagnie de distribution de Force et Lumière. — Siège social, 27, rue Taitbout, Paris. Capital social : 500 000 fr. Durée : 75 années.

Modifications aux Statuts et aux Conseils. — *Société pyrénéenne d'énergie électrique.* — Transfert du siège social, 12, rue Saint-Florentin, à Paris.

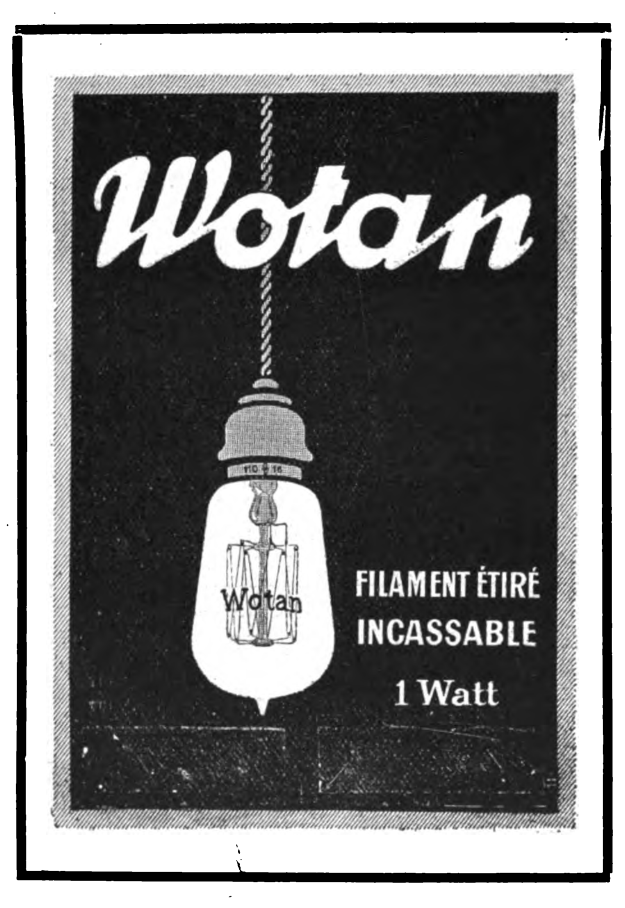
Compagnie d'Énergie électrique. — Réduction du capital social de 162 500 fr à 150 000 fr.

Compagnie parisienne du secteur Trinité. — Transfert du siège social, 43, boulevard Haussmann.

Société Saint-Quentinoise d'Éclairage, de Chauffage et de Force motrice et de distribution d'eau. — Capital social porté de 1 100 000 à 2 200 000 fr.

Société anonyme d'électricité Lahemeyer. — Dissolution anticipée de la Société à compter du 31 décembre 1912. M. Oscar Leroi, liquidateur.

Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est. — Augmentation du capital social.



Wotan
Wotan
FILAMENT ÉTIRÉ
INCASSABLE
1 Watt

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Galfech (Lot-et-Garonne). — Le Conseil municipal aurait décidé en principe de faire installer l'éclairage électrique dans la commune.

Taulignan (Drôme). — On annonce que le Conseil municipal aurait définitivement approuvé le traité concernant l'installation de l'éclairage électrique.

Saint-Etienne-sur-Chalaronne (Ain). — Une Société électrique serait en voie de formation dans le but de fournir l'électricité à la commune.

Haubourdin (Nord). — Une enquête serait ouverte sur le projet de concession d'une distribution d'énergie électrique pour tous usages autres que l'éclairage.

Le Perreux (Seine). — La Société Est-Lumière aurait proposé à la commune l'installation de l'électricité.

Passavant-en-Argonne (Marne). — Il est question, paraît-il, d'installer l'éclairage électrique dans cette commune.

Noyon (Oise). — Le maire aurait été chargé de signer définitivement avec la Société d'éclairage et de chauffage de Noyon le contrat portant concession de la distribution d'électricité pour éclairage et force motrice.

Carbonne (Haute-Garonne). — On annonce que M. Niclairac a obtenu la concession de l'éclairage électrique dans cette commune.

Langogne (Lozère). — M. Chavan aurait été nommé concessionnaire de l'éclairage électrique.

Joinville (Seine). — La municipalité aurait noté le principe de l'éclairage électrique de la commune par la Société Est-Lumière.

Gentilly (Seine). — Le Conseil municipal aurait voté le traité d'électricité proposé par la Compagnie électrique du Secteur de la Rive gauche.

Willems (Nord). — La Société électrique et Gaz du Nord aurait présenté un projet de distribution d'énergie électrique qui va être soumis à l'enquête.

Saint-Jean-de-Luz (Basses-Pyrénées). — Le contrat d'éclairage électrique a, paraît-il, été approuvé par la municipalité.

Pezenas (Hérault). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans cette localité.

Braux (Ardennes). — La concession de l'éclairage électrique aurait été accordée aux Ardennes électriques.

Bayeux (Calvados). — Le préfet aurait approuvé le projet d'installation de l'éclairage électrique dans cette ville.

Creil (Oise). — Des pourparlers seraient engagés pour l'installation de l'éclairage électrique dans la commune.

Ons-en-Bray (Oise). — La Société « Le Thérain Electric » aurait demandé la concession de la distribution d'énergie électrique dans la commune.

Villaroger (Savoie). — La municipalité aurait traité avec la Société des Forces motrices de la Haute-Isère pour l'installation d'une distribution d'énergie électrique pour tous usages.

Arbois (Jura). — La Compagnie Lone-Lezon aurait soumis à la municipalité des propositions pour l'éclairage électrique de la commune.

Avaux (Ardennes). — Le maire a, paraît-il, été autorisé par le Conseil municipal à accorder la concession de la distribution d'énergie électrique à la Compagnie générale électrique de la Champagne.

Ballan (Indre-et-Loire). Une commission municipale aurait été nommée pour étudier le projet d'une distribution d'énergie électrique.

Chazeuil (Côte-d'Or). — La municipalité aurait été saisie d'une proposition de M. Rebourg pour l'installation d'une distribution d'énergie électrique.

Divers.

Société des Ingénieurs civils de France. — A la séance du 10 janvier s'est effectuée la transmission des pouvoirs du président sortant au président entrant.

M. L. Rey, président sortant, n'ayant pu assister à la séance pour raison de santé, M. F. Bergeron, président, a, suivant l'usage, résumé les travaux de la Société pendant l'année qui vient de s'écouler.

PETITES NOUVELLES (*Suite et fin*).

M. L. Mercier, président pour 1913, a prononcé un discours dans lequel il a passé en revue les moyens dont dispose aujourd'hui l'ingénieur dans la recherche et la mise en œuvre des mines nouvelles.

Société française de Physique. — A la séance du 17 janvier dernier ont eu lieu les élections du Bureau et du Conseil. Ont été élus :

Vice-président pour 1913 *et président pour* 1914 : M. le général Bourgeois, chef de la Section de Géodésie au Service géographique de l'Armée.

Secrétaire général : M. Maurice de Broglie, docteur ès sciences.

Vice-secrétaire : M. Ed. Bauer.

Archiviste trésorier : M. Ph. Pellin.

Membres du Conseil résidants : MM. J. Duclaux, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur; G. Kœnigs, professeur de Mécanique à la Faculté des Sciences; Ch. Lallemand, membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes; A. Mesnager, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, professeur à l'École des Ponts et Chaussées.

Membres du Conseil non résidants : MM. Haudié, professeur à l'École navale, à Brest; Ollivier, maître de Conférences à l'Université, à Lille; Planck, professeur à l'Université Berlin-Grunewald, à Berlin; Rosa, physicien au Bureau of Standards, à Washington.

A la suite des élections, M. Baillaud, président sortant, a cédé le fauteuil à M. Ch. Guillaume, vice-président de l'an dernier.

Association française pour l'Avancement des Sciences. —Parmi les Conférences qui auront lieu cette année dans la grande salle de l'Hôtel des Sociétés savantes, 8, rue Danton, sous les auspices de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, nous signalerons celle de M. Fillet, ingénieur électricien, sur le *Labourage électrique et la culture des terres*, qui aura lieu le mardi 11 février 1913, à 8 h 45 m précises du soir.

Concours général agricole 1913. — C'est le 17 février qu'ouvre ce Concours. Les applications de l'Électricité à l'Agriculture étant à l'ordre du jour des préoccupations des ingénieurs électriciens, on y trouvera sans doute de nouveaux modèles de machines agricoles actionnées par l'électricité. On y verra également une carte de France au $\frac{1}{500000}$ dressée par M. H. Bresson, sur laquelle est indiqué l'emplacement de toutes les usines hydro-électriques servant à l'alimentation de réseaux publics de distribution d'énergie électrique; cette carte a été établie d'après les cartes partielles et les tableaux publiés par M. Bresson dans *La Revue électrique* de 1908 à fin 1912.

Légion d'honneur. — Sont promus ou nommés :

Au grade d'officier : M. Monmerqué (Marie-Charles-Arthur), inspecteur général des Ponts et Chaussées de 2e classe, inspecteur général des services du Contrôle, des distributions d'énergie électrique. Chevalier du 13 juillet 1889; 38 ans de services.

Au grade de chevalier : MM. Charvin (Louis-Pierre-Alexandre), sous-directeur à la Direction des Services téléphoniques de Paris; 32 ans de services civils et militaires.

Chauvin (Raphaël-Fénelon-Odile), ingénieur civil à Paris, inventeur-constructeur d'appareils de mesures électriques en usage dans l'industrie et les administrations publiques; 39 ans de pratique professionnelle.

Leprince-Ringuet (Félix-Adrien-Louis), Ingénieur en chef des Mines à Nancy; 20 ans de services.

Mazen (Antoine-Nathalis), ingénieur en chef, adjoint à l'Administration des Chemins de fer de l'État, 25 ans de services.

Merceron (Gaston-Louis), directeur de la Compagnie meusienne de Chemins de fer, président de l'Union technique des Chemins de fer d'intérêt local et tramways de France; 41 ans de services civils et militaires et de pratique professionnelle.

BIBLIOGRAPHIE.

Cours d'électrotechnique générale et appliquée, par R. SWYNGEDAUW, professeur de Physique et d'électricité industrielles à la Faculté des Sciences, directeur de l'Institut électrotechnique de Lille, avec la collaboration de F. Nègre, chargé de conférences techniques à l'Institut électrotechnique de Lille, et P. Beauvais, professeur à l'École d'Arts et Métiers, chargé de l'enseignement du dessin et de la technologie électrique à l'Institut électrotechnique de Lille. Tome I : *La dynamo à courant continu*, par R. SWYNGEDAUW. Un Vol. 25 cm × 16 cm, 309 pages, 135 figures. Ch. Béranger, éditeur.

Ce Volume est le premier d'un ensemble de six Volumes dont trois seront consacrés à l'électrotechnique générale, et trois autres à l'électrotechnique appliquée. Il est consacré à la dynamo à courant continu; les deux suivants traiteront, l'un des courants alternatifs et des appareils de distribution et de transformation statiques, l'autre des alternateurs, moteurs et convertisseurs. Les trois Volumes relatifs à l'électrotechnique appliquée auront respectivement pour objet : calcul, construction et essais d'une dynamo à courant continu; calcul, construction et essais des appareils à courants alternatifs; distribution et utilisation des courants alternatifs.

Comme on le voit, le programme est vaste et ne pouvait être que difficilement traité par un même auteur. C'est cette considération qui a conduit M. Swyngedauw à faire appel à la collaboration de deux de ses collègues à l'Institut électrotechnique de Lille, MM. Nègre et P. Beauvais. L'avant-propos de l'Ouvrage prend soin d'indiquer que cette multiplicité des auteurs n'exclut pas l'unité de conception; que ce seront les mêmes notations et les mêmes méthodes qui seront utilisées et développées aussi bien dans la partie théorique que dans celle qui traitera des applications; que le contact permanent des auteurs, leur préoccupation constante d'unifier leurs esprits en vue d'un même but donneront à l'ensemble de l'Ouvrage la même unité de plan et d'exposition que si la rédaction était due à un seul. Nous le croyons sans peine, et sans qu'il soit besoin de connaître M. Swyngedauw, il suffit de lire le Volume qu'il vient de publier pour être convaincu qu'avec l'esprit clair et lucide qui y préside, il n'aurait pu concevoir une collaboration pouvant avoir pour conséquence un défaut d'homogénéité dans l'exposition.

C'est qu'en effet l'étude que M. Swyngedauw consacre à la dynamo à courant continu est un modèle de clarté et de précision. Ce n'est pas une étude de premier jet où un professeur chargé du cours d'électrotechnique commence par condenser ses connaissances avant de les avoir enseignées. C'est, au contraire, un travail mûri, résultat de plusieurs années d'études personnelles et d'expérience de l'enseignement à un auditoire dont le recrutement, très varié, exige que le professeur adapte son mode d'exposition aux connaissances, parfois très élémentaires, de ses élèves. Tout en cherchant et réussissant, d'ailleurs, à être aussi pratique que possible, M. Swyngedauw se garde d'être empirique. Par exemple, dans les relations entre les grandeurs électriques et magnétiques, il a toujours soin de n'employer que le même système d'unités et ce n'est qu'en dernier lieu, comme conclusion des calculs, qu'il donne la formule utilisée en pratique avec le coefficient numérique introduit par l'emploi simultané des unités C. G. S. et des unités pratiques. Il évite ainsi à ceux de ses élèves qui ont déjà acquis des notions claires sur les unités d'avoir l'impression que les formules de l'électrotechnique appliquée ne sont que des formules empiriques; il permet à ceux à qui ces notions manquent de les acquérir et de se familiariser avec elles; c'est un double résultat dont l'importance n'échappera pas à ceux qui connaissent la mentalité des jeunes élèves ingénieurs.

Parmi les nombreux points qu'il conviendrait de signaler pour montrer combien M. Swyngedauw s'est efforcé de se mettre à la portée des débutants, signalons encore son étude des enroulements, étude qui paraît souvent si rébarbative aux commençants. M. Swyngedauw montre la genèse théorique des enroulements en faisant voir comment l'anneau se convertit naturellement en tambour imbriqué et ondulé par la suppression des brins inactifs, et comment on est ensuite rationnellement amené à la conception des anneaux série et, par ceux-ci, aux tambours série; ce n'est qu'après cette première étude physique que la théorie générale des enroulements formés est exposée.

Nous ne pouvons malheureusement signaler les autres points. Nous terminons donc en conseillant au lecteur de se rendre compte par lui-même de l'intérêt de ce Cours; nous sommes certain qu'il ne se repentira pas de suivre ce conseil.

Répertoire des Industries : Gaz et Électricité, 1912, par Maurice Germain. Rédaction et administration, 7, rue Geoffroy-Marie, Paris. Un vol. cartonné 18 cm × 12 cm, 835 pages. Prix : 3 fr, plus les frais d'envoi : 0,25 fr pour Paris, 0,60 fr pour les départements, 1 fr pour l'étranger.

Ainsi que nos lecteurs le savent par les comptes rendus qui ont été donnés des éditions antérieures, ce répertoire contient sur chacune des deux industries du gaz et de l'électricité une grande quantité de renseignements utiles à l'industriel et au commerçant : liste des administrateurs, directeurs et ingénieurs des Compagnies; liste des usines à gaz et stations centrales d'électricité classées par départements et par ordre alphabétique des noms de villes; liste des appareilleurs, installateurs, fournisseurs, etc. Nous nous bornons donc à signaler la nouvelle édition de ce répertoire, édition qui a été mise à jour avec le plus grand soin.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

FORCE MOTRICE. — *Épurateurs d'eau Kennicott;* R. FAURY (*Revue industrielle*, 8 février 1913, p. 69-70). — L'auteur donne tout d'abord quelques indications sur les conditions à remplir pour obtenir une bonne épuration par la chaux et le carbonate de soude; il décrit ensuite avec détail le fonctionnement des appareils Kennicott.

Moteur à gaz pour poussier de charbon (*Ind. élect.*, 10 février 1912, p. 71). — Ce moteur, d'une puissance de 100 chevaux fonctionne en liaison avec un gazogène à aspiration à tubes dans lesquels le poussier de charbon est introduit progressivement par un appareil à vis sans fin. Les tubes traversent la chambre d'explosion du moteur et sont chauffés par les gaz d'échappement; la température atteinte est suffisante pour produire la gazéification. Le charbon tombe ensuite dans un cendrier servant de passage à un courant d'air et de vapeur d'eau aspirés dans le moteur en passant sur le charbon. Le moteur doit consommer environ 0,23 kg de poussier de charbon par cheval-heure. Le degré de compression reste relativement faible, de sorte qu'il ne se forme aucun dépôt de goudron; celui-ci s'échappe sous forme de fumée jaunâtre en même temps que les gaz brûlés.

GÉNÉRATRICES ÉLECTRIQUES. — *Sur la rotation du flux d'un induit à collecteur;* Paul GIRAULT (*Ind. Elect.*, 25 janvier 1912, p. 27-28). — L'auteur rappelle que, dans une étude de la commutation faite en 1898, il avait pressenti le phénomène suivant observé par M. Mauduit sur une dynamo Rechniewski : « L'induit de cette dynamo étant alimenté par du courant continu avec balais calés sur la ligne neutre, le champ d'induit relevé au repos au balistique sur une section embrassant une dent (à laquelle on faisait occuper les différentes positions possibles et décalées d'une dent à la périphérie) avait à la ligne neutre une valeur égale à 0,4 fois celle aux cornes polaires. En mettant ensuite l'induit en court-circuit et en le faisant tourner avec la très faible excitation nécessaire pour obtenir dans l'induit le courant de l'essai précédent, on constate que la force électromotrice induite dans une section de l'induit, relevée à l'oscillographe, présente la particularité suivante : en mettant à part une série de pointes accentuées dues aux forces électromotrices induites par la bobine en commutation, la courbe, au lieu de présenter un minimum d'amplitude égal aux deux cinquièmes de celle des sommets comme à l'état statique, tombe à zéro dans la zone neutre de l'inducteur. Alors que le champ est appréciable dans cette zone, le fait que la force électromotrice est nulle dans la section prouve qu'il n'y a pas de variation de flux dans la section et que le flux se déplace avec elle. » — M. Girault montre ensuite qu'on peut, dans le cas très simple de l'induit transformateur à courant continu avec stator en tore, concevoir *a priori* la rotation du champ d'induit avec l'induit et faire ressortir l'importance du flux dû aux bobines en commutation.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Le démarrage des moteurs asynchrones; F. PUNGA (*E. u. M.* 8 décembre 1912, p. 1017-1023). — L'auteur signale que le démarrage des moteurs asynchrones, principalement de ceux dont le rotor est en cage d'écureuil, est accompagné de certains phénomènes caractéristiques du nombre d'encoches du stator et du rotor. Il en résulterait que le rotor possède un couple moteur différent, suivant sa position relative par rapport au stator, et que ce couple s'évanouit ou du moins diminue pour une vitesse déterminée. Comme conclusion de cet intéressant travail, nous indiquerons qu'un moteur à deux ou quatre pôles a un couple de démarrage très constants avec 36 encoches au stator et 33 au rotor; le couple est à peu près constant, si le rotor a 43 ou 47 encoches; s'il en

(1) Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.

à 57, le couple moteur est fortement réduit. Un moteur à quatre pôles ayant 48 encoches au stator et 43 encoches au rotor, n'est pas capable de démarrer; mais il se met à tourner si l'on ramène le nombre d'encoches du rotor de 43 à 41.

Le passage au synchronisme des moteurs d'induction polyphasés; G. Vallauri (*E. u. M.*, 22 septembre 1912, p. 1061-1067). — La question traitée dans cet article est la suivante : dans les moteurs asynchrones le couple qui maintient en mouvement le rotor et la machine qu'il entraîne se compose en réalité de deux couples essentiellement différents. L'un provient de l'action du champ tournant sur les courants qu'il induit dans le rotor (courant dans l'enroulement et courants de Foucault dans le fer), l'autre est du à la réaction entre ce même champ et l'aimantation qu'il produit dans le fer du rotor. Le rôle de celui-ci, dans un moteur sous pleine charge, est tout à fait négligeable, car il a atteint à peine 0,5 pour 100 du couple total; c'est pour cette raison qu'on n'en tient pas compte en général dans la théorie du moteur d'induction. Mais dès qu'on veut faire une mesure précise des pertes séparées ou expliquer les variations de puissance au moment du passage au synchronisme on reconnaît de suite que ce petit couple prend une importance considérable et pour l'avoir négligé on a commis des erreurs dont la théorie n'a pas encore pu s'affranchir. Le but du présent travail est d'apporter quelques éclaircissements sur cette question. Le premier couple, comme on sait, varie avec la vitesse relative du champ tournant par rapport au rotor, c'est-à-dire avec le glissement; il est nul au synchronisme; quand il s'en écarte en deçà ou au-delà, il croît d'abord proportionnellement au glissement, puis plus lentement, atteint enfin un maximum, après lequel il décroît constamment pour tendre asymptotiquement vers zéro quand le glissement tend vers l'infini. L'existence du deuxième couple est due à l'hystérésis du fer dans le champ tournant, c'est-à-dire que, si le champ H qui aimante le fer tourne par rapport au fer, l'aimantation J tourne aussi dans le fer avec un déphasage en arrière ε; ce qui produit un couple $HJ \sin \varepsilon$ par unité de volume, qu'il faut vaincre à l'aide de forces extérieures pour maintenir le champ en rotation. Le travail de l'hystérésis se transforme en chaleur dans le fer; il est indépendant de la fréquence et par suite aussi de la vitesse de rotation; il est seulement fonction de la grandeur du champ tournant.

Moteur monophasé à enroulements auxiliaires; J.-S. Nicholson et B. Parker Haigh (*Electrician*, 13 et 20 décembre 1912, p. 520-522, et p. 552-555).

Les moteurs monophasés à collecteur modernes et leurs applications industrielles; C. Palestrino (*Atti Assoc. Elett. italiana*, 31 décembre 1912, p. 999-1046). — Cette étude est une revue des progrès réalisés pendant ces dernières années dans la construction des moteurs monophasés pour les applications auxquelles ne convient pas le moteur asynchrone ordinaire. Grâce à des artifices assez simples, on a réalisé des moteurs monophasés avec des caractéristiques analogues à celles des moteurs à courant continu en série, compound et en dérivation; on a, en outre, trouvé une nouvelle voie pour les applications dans lesquelles il faut non seulement un couple puissant au démarrage, mais encore une vitesse réglable entre de larges limites.

La régulation de vitesse économique des moteurs à courant alternatif; F.-W. Meyer et Wilfrid Sykes (*Proc. A. I. E. E.*, décembre 1912, p. 2175-2205).

La manutention mécanique du charbon dans les dépôts de locomotives, en Angleterre; C.-J.-B. Cooke (*Electrician*, 6 décembre 1913, p. 345-346).

Dispositifs de sécurité pour grues électriques (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 487-490).

Electro-aimants de levage (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 484-487).

L'énergie electrique dans la métallurgie et autres industries connexes; S.-H. Echmann, H.-H. Broughton, J.-M.-L. Slater et F.-C. Hall, J. Arthur Sykes (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 389-433). — Série d'articles où sont passées en revue les applications mécaniques.

La commande électrique des laminoirs (*Electrician*, 13 décembre

1912, p. 461-477). — Série d'articles où sont décrites les installations de Skinningrove, de Shelton, des Ateliers A. Hickman, de Birmingham, etc.

Application du moteur triphasé enroulé en cascade à la commande des laminoirs; J.-J. Fasola (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 497-499).

Les égalisateurs de charge à force centrifuge dans la commande des laminoirs (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 452-460).

La puissance requise par les laminoirs; W. Sykes (*Electrician*, 17 janvier 1913, p. 710-711). — L'auteur discute les moyens de déterminer correctement la puissance et les caractéristiques des moteurs électriques destinés à actionner des laminoirs.

Appareillage électrique pour la machinerie des hauts fourneaux (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 477-478).

Dispositifs de sécurité pour les machines électriques employées dans les houillères; D. Bowen et W.-E. French (*Electrician*, 20 et 27 décembre 1912, p. 555-557, 584-586).

Machines pour la manutention et le transport des pièces dans les usines métallurgiques (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 482-484).

Machines électriques pour le chargement des fours à réchauffer; J. Smith (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 479-482).

Les applications de l'électricité dans le nouveau terminus central des lignes de chemin de fer de New-York (*Electrical World*, 14 décembre 1912, p. 1309-1319).

L'emploi de l'énergie électrique dans la construction du chemin de fer souterrain de Boston (*Electrical World*, 4 janvier 1913, p. 44-47).

Les applications mécaniques et électrochimiques de l'électricité dans le district minier du Colorado; W.-J. Canada (*Electrical World*, 7 décembre 1912, p. 1194-1199).

Les pompes rotatives électriques de Maffei-Schwartzkopp; Leo Falk Wildau (*E. u. M.*, 14 décembre 1912, p. 743-747). — Description d'un certain nombre de pompes rotatives à commande électrique pour l'épuisement des mines; on trouve, par exemple, une pompe élevant 4000 litres d'eau à la minute à une hauteur de 342 m avec un moteur de 500 chevaux, 5000 volts, 1500 t : m; une autre pompe d'exhaure débite 7000 litres d'eau à la minute à une hauteur de 28 m, avec un moteur de 650 chevaux, 3000 volts et 1470 t : m. Des démarreurs spéciaux, facilitent la mise en route de ces groupes.

TRACTION ET LOCOMOTION.

Les feeders d'alimentation des réseaux de tramways; J.-G. Cunliffe et R.-G. Cunliffe (*Electrician*, 27 décembre 1912 et 3 janvier 1913, p. 600-603, 626-628).

L'usure ondulatoire des rails à Chicago (*Electrician*, 17 janvier 1913, p. 714).

Contribution à l'étude du système le plus approprié à l'électrification des grandes lignes de chemins de fer; G. Huldschiner (*E. u. M.*, 22 décembre 1912, p. 1067-1070). — L'auteur pense que le système doit être approprié aux conditions locales et que c'est une erreur de rechercher une solution générale et unique qui s'appliquerait à toutes les lignes de traction.

Electrification des lignes principales des chemins de fer; G. Brecht (*Electrician*, 29 novembre et 6 décembre 1912, p. 296-297, 338-340).

Les locomotives électriques considérées au point de vue de l'exploitation; N.-W. Storer (*Electrician*, 6 décembre 1912, p. 347-348).

L'électrification des lignes de la L. and N. W. Railway Company (*Electrician*, 13 décembre 1913, p. 381-382).

Le chemin de fer électrique de Martigny au Chatelard (*Revue gén. des Chemins de fer et Tramways*, décembre 1912, p. 358-373).

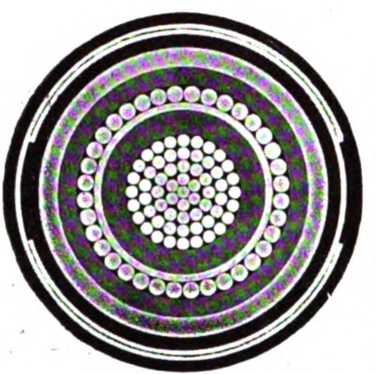
Electrification du Chemin de fer à voie étroite transportant le minerai des hauts fourneaux de Rombas; Schroedter (*E. K. B.*, 14 et 24 décembre 1912, p. 733-743, 753-760). — Les hauts fourneaux de Rombas comptent parmi les plus importantes usines métallurgiques qui exploitent sur place les riches gisements de minerais de fer de la Lorraine annexée. A cette usine sont annexés une aciérie et un laminoir. Rombas est situé sur un embranchement de la ligne Metz-Thionville-Luxembourg; cet embranchement part de Hagondange, passe par Moyeuvre-Grande, et arrive à Rombas en suivant la vallée de l'Orne, affluent de la Moselle. Le minerai est extrait des mines de Moyeuvre à 5,2 km de Rombas;

Ateliers de Constructions Électriques du Nord et de l'Est

Société Anonyme au Capital de **25 000 000 de Francs.**

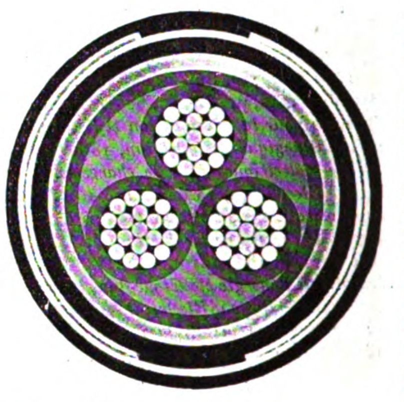
CABLERIE DE JEUMONT (NORD)

SIÈGE SOCIAL : *75, boulevard Haussmann, PARIS*



AGENCES

PARIS : 75. *boul. Haussmann.*
LYON : 168, *avenue de Saxe.*
LILLE : 34, *rue Faidherbe.*
NANCY : 2, *rue Grandville.*
MARSEILLE : 8, rue des Convalescents.
TOULOUSE : 20, *rue Cujas.*
ALGER : 45, *rue d'Isly.*



CABLES ARMÉS ET ISOLÉS A HAUTE ET BASSE TENSION

HARLÉ & Cie

Success^rs de SAUTTER, HARLÉ & Cie

26, avenue de Suffren, 26

PARIS

SAUTTER HARLÉ & Cie

Téléphone : **Saxe 11-55**

Adresse télégraphique :
HARLCO-PARIS



la production est de 5000 tonnes par jour, traitées dans sept hauts-fourneaux. L'aciérie est cependant capable de travailler une plus grande quantité de métal que celui provenant de ce minerai; aussi reçoit-elle en même temps toute la fonte des hauts-fourneaux de la Moselle, comprenant quatre fours capables de traiter 2500 tonnes de minerai par jour. Ils sont édifiés près de Thionville, à Beauregard, distant de Rombas de 6 km à vol d'oiseau.

Son minerai provient des mines de Sainte-Marie-aux-Chênes, situées vers l'Est à une distance de 14 km. On aura une idée de l'importance de cette installation, quand on saura que l'usine de Rombas alimente, avec les gaz des hauts-fourneaux, 13 moteurs à gaz pauvre, 5 turbo-dynamos et 2 moteurs à vapeur ordinaire représentant une puissance totale de 25 000 chevaux; de leur côté, les hauts-fourneaux de la Moselle disposent de 10 400 chevaux répartis entre 5 moteurs à gaz pauvre et 3 turbo-dynamos. Dans l'usine génératrice d'électricité de Rombas, travaillent des groupes de 1200 à 4000 chevaux qui fournissent des courants triphasés à 6000 volts plus spécialement affectés aux services de la mine; le courant continu à 220 volts est réservé aux hauts fourneaux et au laminoir. Quand il s'est agi d'électrifier la ligne de transport du minerai (Moyeuvre-Rombas), c'est à ce dernier courant qu'on a fait appel pour la force motrice, mais après avoir élevé sa tension à 750 volts par deux groupes convertisseurs de 250 et 400 kilowatts. Pour l'époque, 1904, l'adoption d'une tension aussi élevée constituait un remarquable progrès. La traction se fait par locomotives doubles qui remorquent des rames de 16 voitures pesant à vide 3000 kg, chargées 11 000 kg, soit 176 tonnes pour le convoi entier.

Les caractéristiques des locomotives sont : longueur totale entre tampons, 8000 mm; empattement, 1500 mm; diamètre des roues motrices, 800 mm; plus grande largeur, 2200 mm; hauteur jusqu'au toit de la cabine, 3200 mm; poids total 28 000 kg, se répartissant entre la partie mécanique, 10 400 kg; l'équipement électrique, 6000 kg; le frein à air comprimé, 600 kg; et enfin le ballast, 11 000 kg. Les quatre essieux sont attaqués chacun par un moteur de 54 chevaux. L'organisation comprend trois locomotives et 14 moteurs dont deux servent de réserve. Une comptabilité très serrée du service de l'exploitation et du service des réparations s'étendant du 1er mars 1904 au 1er mars 1911 a permis à l'auteur de donner avec précision le prix de revient de la tonne-kilomètre, soit 0,0048 fr. Dans le détail, on est frappé par la faible dépense exigée pour l'entretien des trois locomotives; l'auteur donne 5670 fr; si l'on y ajoute : 17 300 fr pour l'intérêt et l'amortissement d'un capital de 173 000 fr représentant le prix des trois locomotives, de la ligne et des transformateurs; 1030 fr pour la ligne; 500 fr pour les convertisseurs; 7500 fr pour trois mécaniciens et trois conducteurs; 2500 fr pour un monteur et enfin 5900 fr pour le prix de 295 200 kilowatts-heure à 0,02 fr le kilowatt-heure, on arrive à un total de 40 400 fr pour frais d'exploitation, soit $\frac{40400}{3 \times 365} = 37.30$ fr par locomotive et par jour; comme on transporte annuellement 8 550 000 t : km de minerai brut, cela met la tonne-kilométrie à 0,0048 fr, comme nous l'avons déjà dit. Étant donné la tension élevée pour un service de mine et de hauts-fourneaux où les dangers de court circuit sont plus à craindre, le résultat atteint est remarquable. L'usure des engrenages est insignifiante; aucun d'eux n'a encore eu besoin d'être remplacé après un service de 200 000 km. Cette conservation résulte de la suppression du freinage par court circuit qui soumet le métal des roues à une contrainte exagérée. Le courant est pris sur une ligne qui court à 5,5 m au-dessus du sol par deux archets en aluminium de 1100 mm de longueur; les rails servent de conducteur de retour. Les locomotives ont une puissance de 216 chevaux, soit 4200 kg à la ante des roues; elles marchent à la vitesse de 12,8 km : h. La ligne de Sainte-Marie-aux-Chênes aux hauts-fourneaux de la Moselle présente un profil très accidenté qui a exigé une utre solution. Au départ de la mine on rencontre une rampe de 20 pour 1000 suivie d'une autre de 30 pour 1000 jusqu'au kilomètre 3,5, qui se trouve aux environs des communes de Saint-Privat et Amanvillers; au kilomètre 5, à Marengo, il y a un garage et de là, après une montée de 18 pour 1000 sur 1 km, la ligne descend jusqu'aux hauts-fourneaux avec une pente de 25 pour 1000.

Pour transporter 2400 tonnes de minerai par jour avec deux

locomotives remorquant chacune 30 wagons de 10 tonnes, soit 300 tonnes à la vitesse de 18 km : h, il aurait fallu donner aux moteurs des dimensions incompatibles avec une voie de 1 m. Chaque convoi est donc coupé en deux; la locomotive entraîne d'abord une moitié jusqu'à Marengo, puis retourne chercher l'autre moitié pour convoyer ensuite le tout jusqu'à destination.

Le voyage aller et retour demande 3 heures 30 minutes; chaque locomotive fait trois voyages par jour. Pour gravir la pente de 30 pour 1000 à la vitesse de 18 km : h, il faut qu'elle dispose d'au moins 600 chevaux au crochet; aussi ses quatre essieus sont-il pourvus chacun d'un moteur de 160 chevaux, de construction très ramassée. La maison Siemens-Schuckert qui a été chargée de l'équipement électrique a choisi, dans le cas actuel, encore le courant continu, mais à la tension de 2000 volts au fil de travail avec retour par les rails. Les caractéristiques des locomotives sont : longueur entre tampons, 10 400 mm; largeur, 2200 mm; hauteur du toit, 3850 mm; écartement des pivots des bogies, 4800 mm; empattement des bogies, 2600 mm; diamètre des roues, 1250 mm; écartement des rails, 1000 mm; poids total 55 tonnes. L'article ne donne aucun résultat d'exploitation; il signale seulement que malgré la tension élevée de 200 volts, la marche des trains n'a encore été troublée par aucun incident, grâce d'ailleurs aux soins apportés dans la construction de la partie électrique, sur laquelle l'auteur donne des renseignements très détaillés.

Train de voitures motrices avec accumulateurs Edison et commande multiple de la United Railways of Havanna (*E. K B.* 24 décembre 1912, p. 765-766). — Construit par la Federal Storage Battery Car C°, ce train ne comprend que trois voitures qui sont chacune motrice. Leur capacité est de 40 voyageurs. Elles peuvent circuler seules ou groupées dans une même rame. L'ensemble comprend 600 accumulateurs Edison répartis également entre les trois voitures; chacune porte en plus 20 éléments supplémentaires fournissant l'éclairage et le courant actionnant les appareils de commande. Il y a, par voiture, quatre moteurs de 10 chevaux qui attaquent les roues par engrenages. Le poids du train complet avec 136 voyageurs est de 62 000 kg; sans voyageur, 52 590 kg. Avec sa batterie, une voiture pèse 17 530 kg dont 2080 pour sa batterie. Des essais de vitesse ont montré qu'on pouvait atteindre 67 km : h; mais la vitesse commerciale est 44 km : h avec une accélération de 0,46 m par seconde par seconde. La consommation d'énergie pour un voyage aller et retour sur une section de 39,6 km s'est élevée à : 136,8 kw : h pour la rame complète, soit 1,73 kilowatt par train-kilomètre ou 0,577 kw : h par voiture-kilomètre, ou 0,028 kw : h par tonne-kilomètre. La capacité de la batterie est très élastique; elle est de 225 amp : h sous charge normale, mais peut varier de 500 pour 100. Les moteurs eux aussi peuvent être poussés de 100 pour 100 au-dessus de leur puissance normale qui est caractérisée par les constantes : 37,5 ampères, 200 volts, 800 t : m. Le parcours couvert par le train dépend beaucoup de l'état de charge de la batterie. On peut effectuer 119 km avec la batterie surchargée; 105 km avec charge normale de la batterie; 135 km avec une charge normale et charges intercalaires de 1 heure en tout; 168 km avec une charge normale et charges intercalaires de 2 heures en tout, etc., et enfin 254 km avec charge normale et charges intercalaires de 5 heures en tout. La durée d'une charge normale est de 7 heures, à 45 ampères; pour les charges intercalaires on a varié les conditions dans de larges limites : pendant 5 minutes, cinq fois le courant normal, soit 225 ampères; pendant 20 minutes, 180 ampères, etc. Ces essais prouvent que les accumulateurs Edison se prêtent aux services les plus durs.

Locomotives à accumulateurs pour la manœuvre des trains sur lignes à voie normale; F. Riep (*E. K. B.*, 24 décembre 1912, p. 761-762). — Description d'une locomotive à accumulateurs des Siemens-Schuckertwerke pouvant remorquer des trains de 430 tonnes avec un effort de traction au crochet de 5000 kg. Avec une même charge, elle peut fournir 4000 trains-kilomètre.

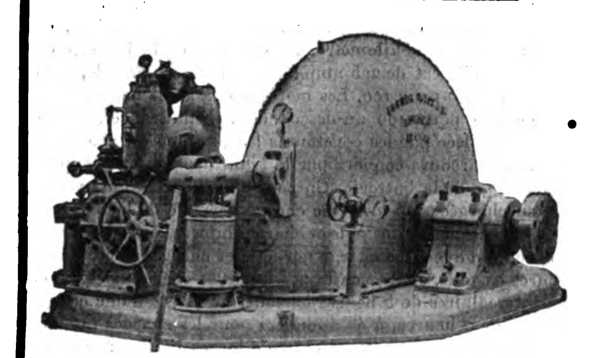
Le système électropneumatique de freinage sur les chemins de fer à vapeur; Walter V. Turner et Ph. Donovan (*Journ. Franklin Institute*, septembre et novembre 1912, p. 303-327 et p. 449-525).

La nutation et la voiture monorail; Burt L. Newkirk (*Journ. Franklin Institute*, septembre 1912, p. 265-279).

La génération et la transmission électrique de l'énergie dans la propulsion des navires; W.-P. Durtnall (*Electrician*, 27 décembre 1912, p. 596-597).

ESCHER WYSS & Cie

Fondée en 1805. — ZURICH



TURBINES A VAPEUR

à action, Système ZOELLY

1.806.000 chevaux en service et en construction

TURBO-POMPES

TURBINES HYDRAULIQUES

Syst. FRANCIS et PELTON. Conduites

2.105.880 chevaux en service et en construction

BUREAU DE PARIS, 39, RUE DE CHATEAUDUN

Télép. Saxe 4-39

COMPAGNIE DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE

44, rue du Docteur-Lombard. — ISSY-LES-MOULINEAUX (Seine)

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

Système "BT", breveté S. G. D. G.

Pour courants alternatifs, monophasés et polyphasés

Agréés par l'État, les Villes de Paris, Marseille, Grenoble, etc. Employés par la Compagnie Parisienne d'Electricité, les Secteurs de la Banlieue et les principales Stations de Province.

Plus de **300000** appareils en service

LIMITEURS D'INTENSITÉ pour Courants continu et alternatif

Transformateurs de Mesure - Compteurs horaires



Wattmètre.

APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES

"WESTON"

Appareils portatifs "ÉTALONS" à lecture directe :
Voltmètres et Milli-Voltmètres;
Ampèremètres et Milli-Ampèremètres;
Wattmètres pour courants continu et alternatif;
Appareils de tableaux. Courant continu.

Seuls Représentants pour la France :

E.-H. CADIOT ET Cie

12, rue Saint-Georges. — PARIS

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Méthode pour la mesure de l'impédance caractéristique et de la constante d'atténuation des câbles; Chas.-E. Hay (*Electrician*, 20 décembre 1912, p. 559-560).

Ligne électrique artificielle pour expériences sur les courants télégraphiques et sur les phénomènes de fermeture et de rupture d'un circuit; Karl Willy Wagner (*E. T. Z.*, 12 et 19 décembre 1912, p. 1289-1295, 1321-1326). — Cette ligne artificielle permet de réaliser tous les systèmes de lignes naturelles : lignes pupinisées lignes aériennes et câbles de toutes sortes, et, comme conséquence, elle doit se prêter à toutes les expériences susceptibles d'élucider les phénomènes qui se déroulent dans les réseaux télégraphiques et téléphoniques. Elle est formée de 50 éléments; chacun de ceux-ci comprend deux bobines de self-induction réparties respectivement sur le conducteur d'aller et de retour, présentant une self-induction totale de 0,195 henry et une résistance totale de 5,72 ohms, fils de connexion compris. Avant et après les bobines sont intercalées, entre les deux conducteurs, des capacités constituées par quatre condensateurs de 0,05 — 0,5–1–4 microfarads, sauf pour la première et la dernière dont les capacités sont réduites de moitié. Les condensateurs sont du type téléphonique à diélectrique en papier, qui est au préalable séché, paraffiné et finalement comprimé. Chaque condensateur est commandé par un interrupteur individuel. En avant de chaque bobine et sur le conducteur de retour sont encore insérées quatre résistances non inductives de 5–15–45 et 120 ohms, destinées à augmenter, l'amortissement de la ligne. Le tout est enfermé dans une vitrine dont les dimensions sont : hauteur, 1,68 m; largeur, 1,39 m; profondeur en haut, 0,60 m; profondeur en bas, 0,80 m. En observant dans la construction de cette ligne artificielle quelques règles fondamentales, l'allure de la tension et du courant y reste la même que sur une ligne naturelle; on pourra donc réaliser sur elle des relevés oscillographiques qui sont impossibles avec les lignes naturelles trop courtes; on ralentit la marche des phénomènes, dans un rapport déterminé sans cependant en changer la nature.

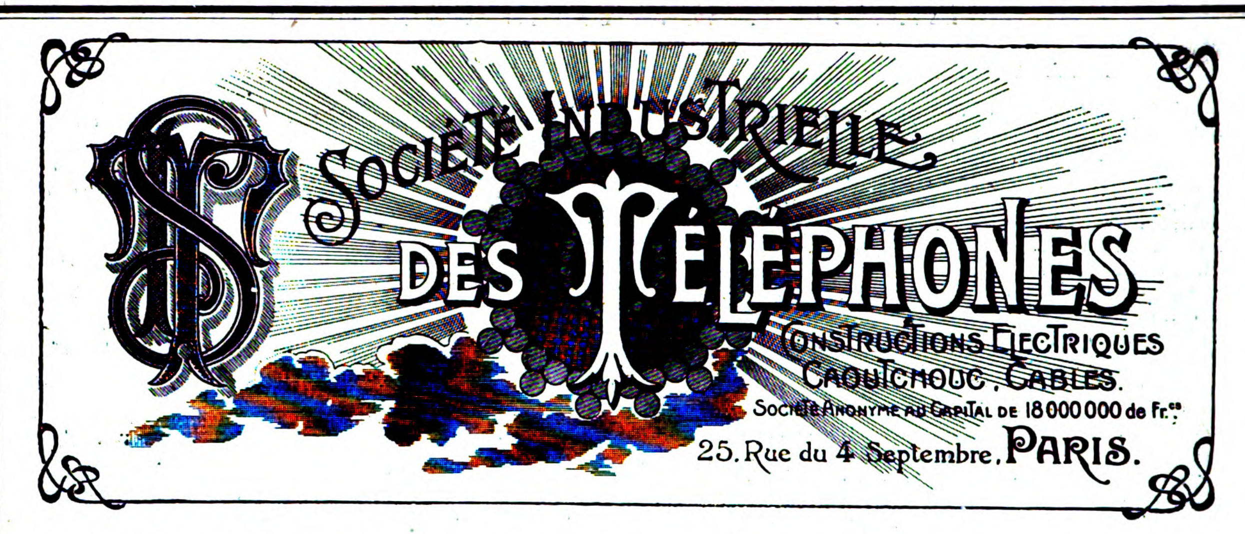
Câble Pupin ou câble Krarup; E.-F. Petritsch (*E. u. M.*, 19 et 26 mai 1912, p. 409-413, 440-444). — L'intérêt de ce long article réside dans la comparaison que fait l'auteur entre les câbles téléphoniques pupinisés (self-inductance localisée) et les câbles système Krarup (self-inductance uniformément répartie). Les premiers résultent de l'insertion de bobines à des distances déterminées, pour les seconds, on enroule un fil d'acier autour de l'âme en cuivre. La prétendue diminution du coefficient d'affaiblissement β réalisée dans le système Pupin se déduisait d'une formule simplifiée donnant la valeur du coefficient. Or, les travaux de Breisig et Gati ont montré que, étant donné la faible résistance d'isolement de la gutta-percha, on devait introduire dans la formule simplifiée un deuxième terme tenant compte de la résistance d'isolement ou mieux de son inverse. On arrive ainsi à des valeurs de β plus grandes; mais en différentiant cette formule par rapport à $\mathcal{L}$, on trouve que le coefficient d'affaiblissement passe par un minimum pour $\mathcal{L} = RC : A$, A est la perte ou l'inverse de l'isolement; on a $\beta_m = \sqrt{RA}$ En reprenant le calcul de lignes pupinisées sous ces nouvelles conditions, c'est-à-dire en supposant la self-induction égale à la valeur ci-dessus, M. L. Cahen, ingénieur des télégraphes, a effectivement trouvé des valeurs de β beaucoup plus faibles. Exemple, pour un câble isolé au papier, dont la capacité est de 0,04 microfarad par kilomètre de ligne double; on trouve : diamètre du conducteur 0,6 mm; construction ordinaire, $\beta = 0,11$; construction avec bobines d'inductance donnant un β minimum,

$$\beta = 0,035 - 0,025 - 0,011 - 0,0078,$$

selon que

$$A = 10 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-6} - 10^{-6} - 0,5 \times 10^{-6}.$$

Ces résultats montrent l'importance de la perte A dans les lignes pupinisées, perte que jusqu'ici on avait crue négligeable, parce que sa mesure se faisait en courant continu. Or, la résistance d'isolement décroît beaucoup en courant alternatif. Ainsi de 10^7 ohms en courant continu, la résistance d'isolement tombe à $10^6:8$ en courant alternatif de fréquence 224, et à $10^6:92$ si la fréquence s'élève à 1236. Les câbles terrestres ou sous-marins du système Krarup sont donc capables de concurrencer les lignes téléphoniques pupi-



APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE

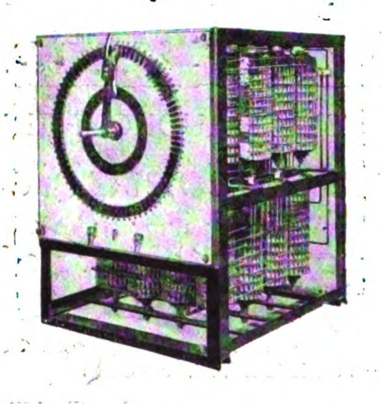
pour Stations Centrales — Sous-Stations — Postes de Transformateurs

TABLEAUX pour **HAUTE TENSION** jusqu'à 100.000 volts

Dispositif de protection des réseaux, système L. NEU. — Régulateurs J.-L. ROUTIN.
Appareils d'essai, système A. Léauté : Essai par résonnance des Câbles à hante tension.

Démarreurs. — Interrupteurs " Monobloc "

Appareils pour BASSE TENSION jusqu'à 10.000 ampères



Rhéostat d'excitation pour turbo-alternateurs de 3000 kilowatts.

MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE

RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

Transmetteurs :: Récepteurs :: Microphone PARIS-ROME

LE MONOPHONE

Appareil combiné hygiénique extra-sensible.

TABLEAUX CENTRAUX — ACCESSOIRES

COMMUTATEURS " STANDARD "

Matériel nouveau pour les installations à Énergie Centrale

Bureaux centraux. — Multiples. — Répartiteurs.

INSTALLATIONS PRIVÉES

Matériel spécial pour les Chemins de fer, les Mines, l'Armée, la Marine

MATÉRIEL PROTÉGÉ POUR LES TRANSPORTS D'ÉNERGIE

CABLES ÉLECTRIQUES

isolés pour toutes tensions.

MATÉRIEL COMPLET pour la réalisation de réseaux souterrains fonctionnant jusqu'à 100.000 volts

CABLES ARMÉS spéciaux pour MINES et pour FONÇAGES

TREUILS — CABLES POUR GRUES ET MOTEURS MOBILES — PRISES DE COURANTS ÉTANCHES SOUTERRAINES

Fils pour Lumière. — Câbles Sous-Marins.

Caoutchouc technique — Pneu " L'ÉLECTRIC " — Chaussures caoutchouc, marque " AU COQ " — Vêtements imperméables

nisées, même si l'on place celles-ci dans les conditions plus avantageuses indiquées par M. Cahen.

Les installations électriques du nouveau Post Office de New-York; L.-B. Marks et J.-E. Woodwell (*Electrical World*, 4 janvier 1913, p. 39-44). — Ce nouveau bureau, construit au terminus des lignes du Pennsylvania Railroad, occupe un bâtiment à cinq étages de 110 m de façade. Sur les 22 millions qu'il a coûtés, 4 millions ont été consacrés aux installations électriques et mécaniques.

Le système de télégraphie sans fil Balsillie (*Electrician*, 10 janvier 1913, p. 679).

La télégraphie sans fil dirigée; F. Addey (*Electrician*, 27 décembre 1912, p. 586-588).

Résonance en télégraphie sans fil. Comparaison entre les systèmes à étincelles et les systèmes à onde continue; W.-H. Eccles (*Electrician*, 10 janvier 1913, p. 669-671). — L'auteur compare les diverses méthodes employées en télégraphie sans fil au point de vue de l'utilisation de la résonance. Il montre par le calcul que les nouvelles méthodes à étincelles donnent presque la résonance idéale que permettrait d'obtenir un alternateur à haute fréquence parfait. Sa conclusion est qu'il reste peu de perfectionnements à apporter aux modernes méthodes par étincelles sous le rapport de la transmission de l'énergie de l'antenne d'émission à l'antenne de réception.

Expériences sur des antennes en ombrelle; Joseph O. Mauborgne (*Electrical World*, 4 janvier 1913), — Ces expériences ont été faites par le Signal Corps des États-Unis en vue de reconnaître l'influence sur l'intensité des signaux reçus des diverses modifications dans le montage usuel des antennes en ombrelle employées dans l'armée.

L'efficacité des « terres » en radiotélégraphie; Charles A. Culver (*Electrical World*, 14 décembre 1912, p. 1319-1320).

Sur le meilleur usage d'un condensateur quand il est employé comme shunt du téléphone d'un poste récepteur de télégraphie sans fil; H. Smith (*Electrician*, 17 janvier 1913, p. 711-712).

Domment on construit un détecteur pour T.S.F; G. Chalmarès (*La Nature*, 28 décembre 1912, p. 59-63). — Cet article donne des renseignements très complets sur la manière de construire, soi-même des bobines d'accord, des détecteurs à cristaux, ainsi qu'un petit poste portatif permettant de recevoir les signaux horaires de la Tour Eiffel à des distances dépassant 450 km.

APPLICATIONS THERMIQUES.

Sur l'emploi des fers électriques pour le repassage (*Electrical World*, 7 décembre 1912, p. 1183-1184). — L'article donne quelques renseignements sur le développement que prend aux États-Unis cette application du chauffage électrique.

Four électrique de fusion dans le vide; W.-S. Simpson (*Metal and Chemical Eng'ing*, septembre 1912, p. 551).

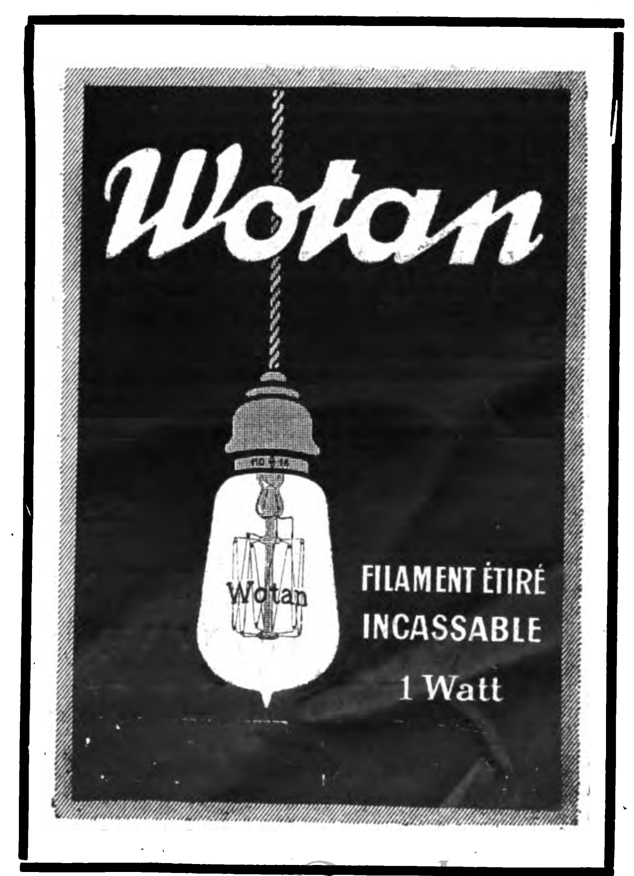
La distillation fractionnée du goudron de bois par l'électricité, H.-K. Benson (*Metal and Chemical Eng'ing*, septembre 1912, p. 544-546).

ÉCLAIRAGE.

Effets stroboscopiques produits par des filaments incandescents employés comme sources de lumière; C.-F. Lorenz (*Electrical World*, 30 novembre 1912, p. 1146-1148).

Le rendement des sources lumineuses; C.-P. Steinmetz (*Electrician*, 6 décembre 1912, p. 346-347). — Des courbes qui résument les résultats obtenus, on peut conclure que l'intensité moyenne sphérique en bougies rapportée à une puissance dépensée de 1 watt est : de 0,25 pour la lampe à incandescence à filament de charbon; comprise entre 0,6 et 0,9 pour la lampe Mazda suivant que la puissance dépensée varie entre 10 et 550 watts; comprise entre 0,4 et 0,62 pour la lampe à arc à charbons ordinaires à courant alternatif, la puissance dépensée variant de 250 à 600 watts; comprise entre 0,55 et 0,9 pour la même lampe à courant alternatif; comprise entre 1,6 et 2 bougies pour la lampe à arc à magnétite de 300 à 500 watts; comprise entre 1,65 et 2,45 bougies pour les lampes à arc flamme à lumière blanche et entre 2,65 et 4,4 bougies pour les lampes à lumière jaune absorbant de 250 à 550 watts; enfin comprise entre 2,7 et 4,4 bougies pour l'arc au titane quand le régime varie de 200 à 500 watts.

La perception des sources de lumière de faible durée et ses limites; A. Blondel et J. Rey (*Trans. Illum. Eng'ing Soc.*, novembre 1912, p. 625-662).



La courbe de luminosité spectrale de l'œil moyen; Herbert E. Ives (*Physical Review*, novembre 1912, p. 401). — Les mesures ont été faites au moyen du photomètre à scintillement par 18 observateurs. Un tableau donne la moyenne des éclairements produits par des radiations de diverses longueurs d'onde ayant la même puissance de radiation.

La réflexion diffuse et la transmission de la lumière; P.-G. Nutting (*Trans. Illum'ing Eng'ing. Soc.*, novembre 1912, p. 616-625).

Quelques propriétés réfléchissantes des parois peintes; Claude W. Jordan (*Trans. Illum'ing Eng'ing. Soc.*, novembre 1912, p. 529-549).

Recherches sur les verres diffusants; M. Luckiesh (*Electrician*, 6 décembre 1912, p. 342-343).

Sur les principes de l'éclairage indirect et semi-indirect; Thomas W. Rolph (*Trans. Illum'ing Eng'ing Soc.*, nov. 1912, p. 549-597).

L'éclairage indirect et le rendement visuel (*Electrician*, 20 décembre 1912, p. 549-550).

Méthodes modernes d'éclairage indirect; F.-W. Willcox et H.-C. Wheat (*Illuminating Engineer*, janvier 1913, p. 19-50).

L'éclairage industriel; C.-L. Eshleman (*Proc. A. I. E. E.*, janvier 1913, p. 41-55).

Mesure de l'éclairement dans les rues; Dr. K. Bunte (*Illuminating Engineer*, janvier 1913, p. 5-11).

Conditions pour obtenir de rapides variations de l'intensité lumineuse des fils incandescents; C.-T. Lorentz (*Physical Review*, novembre 1912, p. 402-403). — La commodité d'emploi des filaments incandescents les ferait préférer à l'arc et à l'étincelle dans les études strosboscopiques si leurs variations d'intensité lumineuse suivaient plus rapidement les variations du courant qui les traverse. Pour obtenir des variations rapides, il est évident qu'il convient de prendre un filament aussi fin que possible. L'auteur a reconnu qu'il faut en outre : le porter à une température aussi haute que possible pour accroître le taux de refroidissement; employer un écran ne laissant passer que les grandes longueurs d'onde dont les variations sont plus importantes que celles de courtes; enfin placer le filament dans un courant de gaz refroidissant. (Cette dernière condition est la plus importante.) Dans ces conditions, on peut mesurer la fréquence d'un courant par l'éclat d'un filament.

La lampe au tungstène; son développement et ses derniers perfectionnements; A. Lederer (*E. u. M.*, 29 décembre 1912, p. 1081-1086). — L'article ne contient rien de nouveau par rapport à ce que nous avons indiqué dans la *Littérature des périodiques* du 17 janvier d'après un article de Pirani. Nous nous bornerons donc à quelques données numériques. Les poids atomiques, les densités, les chaleurs spécifiques, les résistivités et les coefficients de température sont : Pour le carbone : 12-3-0,1318-25 microh : cm; — 0,3; pour l'osmium : 190,9-22,48-0,031-0,095- + 3,7; pour le tantale : 181,5-16,8-0,0365-0,165- + 2,9; pour le tungstène : 184-19,1-0,0336-0,055- + 4,3. Dans le même ordre les éclats surfaciques par millimètre carré sont : 0,154-0,331-0,307-0,441, et les températures de fusion, sauf pour le carbone qui est infusible : 2500° (Pictet) 2250-2300 (Bolton); 2740° (Pirani); 2794° (Wartenberg) L'auteur reproduit finalement les courbes des constantes du tungstène d'après Keil, c'est-à-dire les courbes représentant l'intensité lumineuse, la consommation spécifique et la consommation totale d'une lampe au tungstène en fonctionnement normal. Les ordonnées donnent le facteur plus grand ou plus petit que l'unité par lequel il faut multiplier les constantes normales quand on soumet la lampe à un régime différent du régime normal. Exemple : les constantes d'une lampe sont 110 volts, 32 bougies, 1,12 watt et 35,84 watts, que deviennent-elles au régime de 99 volts, c'est-à-dire pour une variation de 90 pour 100. Par l'abscisse 90, on mène une parallèle à l'axe des ordonnées qui coupe les trois courbes en des points auxquels correspondent les facteurs 0,67 pour l'intensité; 1,27 pour la consommation spécifique et enfin 0,85 pour la consommation totale.

Les signaux lumineux dans les chemins de fer; Dixon Boardman (*Good Lighting*, novembre 1912, p. 4[illegible]-477).



Essais photométriques sur des fanaux de tête des locomotives (*Electrician*, 17 janvier 1913, p. 720-722).

Les annonces lumineuses; H.-J. Mahin (*Good Lighting*, novembre 1912, p. 463-468).

L'éclairage du Collège de Leeds (*Illuminating Engineer*, janvier 1913, p. 11-16).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Les électrolyseurs Billiter pour la fabrication de la soude et des alcalis A.-J. Allmand (*Metall and Chem. Eng'ing*, janvier 1913, p. 19-23). — L'auteur décrit successivement les types d'électrolyseurs Billiter-Siemens et Billiter-Leykam, le premier avec diaphragme, le second sans diaphragme.

Sur la fabrication du carborundum; Wilder D. Bancroft, L.-V. Walker et C.-F. Miller (*Metall and Chem. Eng'ing*, octobre 1912, p. 685). — Les auteurs donnent les résultats d'essais faits sur des fours d'expériences de 20 et de 30 kilowatts, en vue de reconnaître l'influence de la durée de l'opération sur le rendement par kilowatt-heure.

Les fours électriques de grandes dimensions; Rudolf Taussig (*Metall and Chem. Eng'ing*, octobre 1912, p. 686). — L'auteur fait ressortir l'amélioration du rendement qu'on obtient par l'augmentation de la capacité des fours.

Le four électrique à acier dans les fonderies; Paul Girod (*Metall. and Chem. Eng'ing*, octobre 1912, p. 663-665).

Le four à arc dans la fabrication de l'acier; W.-S. Gifford (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 444-447).

Les fours d'induction et leur emploi dans l'industrie sidérurgique; Joh. Harden (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 436-444).

Les fours électriques dans la fabrication de l'acier; Edward F. Law (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 433-436).

La fusion du fer et de l'acier dans les fours électriques; T.-D. Robertson (*Electrician*, 20 décembre 1914, p. 501-505).

L'emploi du four électrique à la fabrication de la fonte; D.-A. Lyon (*Metal and Chemical Eng'ing*, septembre 1912, p. 539-540).

La fabrication du fer au four électrique au moyen des minerais; D.-A. Lyon (*Metall. and Chem. Eng'ing*, janvier 1913, p. 15-19). — Important article dans lequel l'auteur fait une étude critique des procédés employés en Suède, à Trollhättan, et en Californie, à Heroult City. Il fait observer que les deux procédés sont en quelque sorte le contre-pied l'un de l'autre. En terminant, il estime que le traitement des minerais de fer au four électrique est aujourd'hui sorti de la période des essais et qu'il est économiquement applicable là où l'énergie électrique est à bon marché.

Récents progrès réalisés dans les procédés électrolytiques d'obtention du zinc; Victor Engelhardt (*Metall. and Chem. Eng'ing*, janvier 1913, p. 43-45).

La production du cuivre et du nickel au four électrique; Stephan (*Metall. and Chem. Eng'ing*, janvier 1913, p. 22-23).

MESURES ET ESSAIS.

Détermination de l'ampère international en valeur absolue; E.-B. Rosa, N.-F. Dorsey et J.-M. Miller (*Bull. of Bureau of Standards*, Vol. VIII, n° 2, p. 269-395). — Important mémoire où les auteurs décrivent avec détails les méthodes et appareils employés et font connaître les résultats obtenus.

Le voltamètre à argent; E.-B. Rosa et G.-W. Vinal (*Electrical World*, 14 et 21 décembre, 1912 p. 1260-1263).

La constance des étalons de résistance en fils métalliques; F. Wenner (*Electrician*, 13 décembre 1912, p. 382-383).

Potentiomètres à déviation pour la mesure des courants et des tensions; H.-B. Brooks (*Bull. of Bureau of Standards*, vol. VIII, n° 2, p. 395-419). — Sous le nom *de potentiomètre à déviation* l'auteur désigne un appareil composé d'un potentiomètre et d'un galvanomètre.

Sur la construction des potentiomètres à déviation et Notes sur la construction des galvanomètres à bobines mobiles; H.-B. Brooks (*Bull. of Bureau of Standards*, vol. VIII, n° 2, p. 419-444).

Nouvel instrument de mesure à bobine mobile pour courants continus (*Electrician*, 10 janvier 1913, p. 671).

Sur l'emploi du wattmètre dynamométrique à des fréquences élevées; A. Dina (*Atti Assoc. Elett. italiana*, 30 novembre 1912, p. 945-960). — L'auteur donne des formules qui font ressortir l'influence exercée à des fréquences élevées par la self-induction de la bobine mobile et son induction mutuelle avec la bobine fixe. Ensuite il indique et discute plusieurs artifices qui ont pour but d'éliminer ou de corriger les deux erreurs considérées plus simplement qu'en appliquant les formules générales.

Méthode pour augmenter la sensibilité du récepteur téléphonique employé comme détecteur de l'extinction du courant dans les mesures avec courant alternatif; Philipps THOMAS (*Journ. Franklin Institute*, décembre 1912, p. 679-683).

Le conducteur à quatre faces et le pont de Thomson; Franck WENNER (*Bull. of Bureau of Standards*, vol. VIII, n° 3, p. 559-610).

La détermination des capacités au moyen des fonctions conjuguées; J.-W. WOODROW (*Physical Review*, décembre 1912, p. 434-449).

Bobines de résistances pour mesure en courants alternatifs; H.-L. CURTIS et F.-W. GROVER (*Bull. of Bureau of Standards*, vol. VIII, n° 3, p. 495-519). — Le Mémoire débute par une discussion théorique montrant les conditions qui doivent être remplies dans la construction des bobines de résistance en vue que l'angle de phase et le changement de résistance avec la fréquence soient négligeables. Les principes déduits de cette discussion sont appliqués au calcul des dimensions de bobines de valeurs différentes, et des spécifications sont données pour la construction des bobines de 0,1 à 10 000 ohms. Les auteurs donnent ensuite les résultats de mesures faites sur quelques bobines de chaque valeur construites suivant ces spécifications. Ils comparent les constantes de ces bobines avec celles des bobines commerciales. Enfin ils font quelques suggestions concernant le mode de connexion des bobines employées dans les boîtes de résistances.

La mesure des inductances des bobines de résistance; Frédéric W. GROWER et Harvey L. CURTIS (*Bull. of Bureau of Standards*, vol. VIII, n° 2, p. 455-487).

Détermination du déphasage en courant triphasé à l'aide des indications de deux wattmètres; E. DYHR (*E. u. M.*, 8 décembre 1912, p. 1024-1025). — L'exposé de la question repose sur un grand nombre de diagrammes vectoriels et n'est compréhensible qu'avec les figures sous les yeux.

Note sur un tableau pour le tarage des compteurs; A. ROSSI (*Bull. Institut Montefiore*, 1912, p. 427-437).

Modèle de surface pour matérialiser la notion de « nombre de maxwells-tours ou « *nombre de lignes de forces-tours* »; Fritz EMDE (*E. u. M.*, 24 novembre 1912, p. 976-977). — Les théoriciens définissent le flux de force par l'intégrale $\int B\,ds$ étendue à toute la surface limitée par le circuit, tandis que dans les Ouvrages techniques on introduit comme facteurs le nombre z de tours $\left(-z\frac{d\varphi}{dt}\right)$ où φ représente le flux correspondant à un tour, c'est-à-dire que le flux se rapporte à la section du noyau sur lequel sont enroulées les spires. Ceci suppose que le flux est le même pour toutes les spires, condition qui n'est pas toujours remplie ; le flux total est alors la somme des flux partiels, somme que Görges appelle « nombre de flux de forces-tours », mais que par analogie avec « ampères-tours », il conviendrait mieux de désigner par « nombre de maxwells-tours » ou « nombre de lignes de forces-tours ». Celui-ci est aussi représenté par une intégrale de surface, assez difficile à se représenter puisqu'elle comprend un grand nombre de spires, mais que l'auteur est néanmoins parvenu à réaliser matériellement. L'article en donne des photographies dans quatre aspects différents.

La mesure des propriétés magnétiques des fers et aciers à l'usine (*Electrician*, 27 décembre 1912, p. 593-596).

Mesure de perméabilités avec courants alternatifs; L.-T. ROBINSON et J.-D. BALL (*Proc. A. I. E. E.*, juillet 1912, p. 1465-1473).

Le myrawatt; H.-G. STOTT et Haylett O'NEILL (*Proc. A. I. E. E.*, juillet 1912, p. 1681-1685). — Les auteurs proposent l'utilisation en pratique d'une unité valant 10 000 watts, le myrawatt comme ils l'appellent. Ils donnent l'équivalence entre cette unité de puissance et les diverses unités de puissance actuellement en usage aux États-Unis.

Sur la photométrie hétéro-chromatique et l'étalon primaire de lumière; H.-E. IVES (*Trans. Illum. Eng'ing Soc.*, octobre 1912, p. 376-388).

La mesure des températures par les procédés électriques; Chas. BURTON THWING (*Metall. and Chem. Eng'ing*, janvier 1912, p. 36-39).

BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin
(H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.), 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

448710. Girardeau. — Montage d'émission pour poste radiotélégraphique avec variation rapide de la longueur d'onde, 3 août 1912.

448 22. Société dite Le Matériel téléphonique. — Perfectionnements dans les transmetteurs téléphoniques, 28 septembre 1912.

448878. Compagnie générale radiotélégraphique. — Perfectionnement dans la télégraphie sans fil, 7 décembre 1911.

16518/444250. Thibault. — Détecteur d'ondes pour télégraphie et téléphonie sans fil, 21 septembre 1912.

448786. Automobiles et cycles Peugeot. — Perfectionnements apportés aux machines génératrices de courant électrique à contre compoundage, 27 septembre 1912.

448857. Société Siemens Schuckert Werke G. m. b. H. — Procédé pour fermer les rainures des machines électriques, 30 septembre 1912.

448907. Gratzmuller. — Dispositif de freinage avec récupération d'énergie au moyen des moteurs monophasés à collecteur à caractéristique série, 1er octobre 1912.

448935. Girvin. — Procédé et appareil de commutation, 1er octobre 1912.

448947. Clarke. — Perfectionnements aux machines dynamo-électriques, 2 octobre 1912.

448957. Latzel. — Dispositif pour la commande des vibreurs avertisseurs et accessoires analogues des voitures automobiles à l'aide du courant pris sur la magnéto de la voiture, 2 octobre 1912.

16510/442875. Société anonyme S. T. A. R. — Procédé pour le démarrage et le réglage de la vitesse des moteurs électriques, 4 décembre 1911.

448712. Ruhstrat. — Perfectionnements apportés aux conducteurs d'électricité, 7 août 1912.

448721. Trousson. — Magnétoscope différentiel multipolaire, 30 août 1912.

448743. Société Ph. Morand et fils. — Interrupteur électrique 17 septembre 1912.

448774. Société de métallisation. — Procédé de fabrication des résistances électriques, 5 décembre 1911.

448775. Société de métallisation. — Procédé de fabrication des condensateurs électriques, 5 décembre 1911.

448806. Delorme. — Distributeur de courants électriques intermittents, 27 septembre 1912.

448933. Société anonyme Westinghouse. — Perfectionnements aux régulateurs d'électricité, 1er octobre 1912.

448936. Becker. — Prise de courant étanche plus spécialement destinée aux phares et lanternes électriques des voitures automobiles, 1er octobre 1912.

16509/429949. Béthenod. — Procédé de réglage de machines ou appareils munis d'une excitation par courant continu en fonction des variations de courants alternatifs arbitraires, 30 novembre 1911.

448699. Bruandet. — Fours et chaudières électriques à grand rendement, 13 février 1912.

448884. Société internationale de Lumière froide. — Système d'éclairage, 8 décembre 1911.

448920. Picard. — Genre de lampe à incandescence, 9 décembre 1911.

448926. Bresler. — Perfectionnements dans les supports des filaments des lampes électriques à incandescence, 9 décembre 1911.

16527/446488. Plaisant. — Dispositif pour obtenir l'allumage et l'extinction automatiques de lampes électriques devant fonctionner temporairement.

448967. Reineke. — Méthode de transmission électrique de signaux dans les mines et dispositif pour son application 22 juin 1912.

449193. Société automatic electric Co. — Système téléphonique à prépaiement, 29 mai 1912.

Nouvelles sociétés. — *Société en nom collectif Piquelle et Cie.* — Appareils pour l'électricité, 6 et 8, rue de Chevreul, Paris. Durée : 10 ans. Capital : 70 000 fr.

Société anonyme dite « Établissements franco-suisses Émile Haefely ». — Fabrication d'isolants pour l'électricité, 200 et 202, rue de Lourmel, Paris. Durée : 50 ans. Capital : 250 000 fr.

Société en commandite Greslé et Cie. — Électricité, 44, rue de la Tour-Maubourg, Paris. Durée : 5 ans. Capital : 10 000 fr, dont 5000 fr par la commandite.

Société en nom collectif M. Maugé et J. Dubois. — Entreprises électriques, enseignes lumineuses, 3, rue de Baudon, Lille. Durée : 10 ans. Capital : 16 000 fr.

Société anonyme à capital variable dite « Société électrique du Mont d'Or ». — A Mouthe, près Pontarlier. Durée : 10 ans. Capital : 50 000 fr.

Société en nom collectif Ranchoux et Deprat. — Électricité, 25, rue de la République. Durée : 15 ans. Capital : 20 000 fr.

Compagnie électrique de Franche-Comté J. Bosser et Cie. — A Saint-Vit (Doubs). Durée : 20 ans. Capital social : 560 000 fr.

Banque de l'Industrie électrique. — 8, rue Émile-Gebert, Paris.

Société force, éclairage et docks de Gand. — A Gand (Belgique). Durée : 30 ans. Capital : 2 000 000 fr.

Modifications aux statuts et aux conseils. — *L'Électrique d'Anjou.* — Capital porté à 2600 000 fr.

La *Compagnie électrique du Moulin du Pré* prend le nom de *Compagnie Électrique de Franche-Comté.* — Dans les statuts relatifs à la gérance, le nom de M. Rufenacht sera supprimé.

Compagnie électrique pour la France et l'étranger. — Capital porté de 5 500 000 fr à 8 000 000 fr.

Compagnie générale d'Electricité. — Capital porté à 25 000 000 fr.

Société Station électrique de la vallée de l'Automne. — Le capital social est fixé à 400 000 fr. Les actions sont nominatives jusqu'à leur entière libération.

Coupons et dividendes annoncés. = Société Roubaisienne d'éclairage par le gaz et l'électricité, mise en paiement d'un acompte de 6 pour 100 sur le dividende de l'exercice 1912, soit 15 fr. par action nominative et 14 fr. 38 par action au porteur.

FONDS DE Fabrication et Vente de : **FILS et CABLES** électriques et de tous articles concernant **l'Industrie du Caoutchouc**, à Paris, rue de Turin, 26, et **USINE à Argenteuil**, rue Michel-Carré, 44, et quai de Seine, **contenant 10 473 m.**, dépendᵗ de la Sᵗᵉ Aᵐᵉ des

ANC. ÉTABL. HOURY ET FILLEUL-BROHY, en liq. am.

à adj. ét. **Mᵉ BACHELEZ**, not., 3, rue Turbigo, le 26 fév. à 2 h.
Mise à prix : **350 000** fr. March. en sus. Cons. **20 000** fr.

S'adresser à MM. VIALLARD et MOULIN,
Liquidateurs de Sociétés, rue de Richelieu, 92, et au Notaire.

A VENDRE

pour cause d'extension

1 Moteur Gaz pauvre 40-44 chˣ

MARQUE TAYLOR
avec gazogène à l'état de neuf

3 Alternateurs 240Gᵛ, de 5ᴬ et 7ᴬ 1/2

Courant altᶠ. monoph. 50 pˢ
VISIBLES EN MARCHE

S'adresser : M. VERRIER, Station électrique à Champs (Yonne)

IMPORTANTE MANUFACTURE D'APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE Demande un

Représentant Régional

Matériel Haute et Basse Tension

Très sérieuses références exigées.

S'adresser à la **Société Anonyme des Établissements Maljournal et Bourron**, 128, avenue Thiers, LYON

MAISON DE BORDEAUX

en relation avec les industriels du Sud-Ouest, recherche

Représentation Commission

——— de Maisons sérieuses de Constructions ———

Matériel électrique, Installations, etc.

S'adresser : Au *Syndicat professionnel des Usines d'Électricité*, 27, Rue Tronchet, PARIS

CHEMIN DE FER DU NORD

Services rapides

entre Paris, l'Angleterre, la Belgique, la Hollande, l'Allemagne, la Russie, le Danemark, la Suède et la Norvège.

			Trajet en
6	express sur	BRUXELLES	3ʰ 55
3	—	LA HAYE	7ʰ 30
		et AMSTERDAM	8ʰ 30
5	—	FRANCFORT-sur-MEIN	12ʰ »
5	—	COLOGNE	7ʰ 29
4	—	HAMBOURG	15ʰ 19
5	—	BERLIN	15ʰ 31
2	—	SAINT-PÉTERSBOURG	50ʰ »
		par le Nord-express bi-hebdomadaire	45ʰ »
1	—	MOSCOU	60ʰ »
		par le Nord-expres hebdomadaire	53ʰ »
2	—	COPENHAGUE	26ʰ »
		STOCKHOLM	43ʰ »
		CHRISTIANIA	49ʰ »

Pour renseignements précis, s'adresser aux gares et bureaux de ville de la Compagnie.

COMPAGNIE GÉNERALE RADIOTÉLÉGRAPHIQUE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 3.500.000 FRANCS.

63, Boulevard Haussmann, 63, PARIS. — *Adresse télégraphique* : GÉNÉRADIO-PARIS. — *Téléphone* : 304-70.

ATELIERS : *25, rue des Usines, Paris (XVᵉ).* — STATIONS D'ESSAIS ET DE DÉMONSTRATIONS : *60, rue des Plantes, Paris. — Polygone de Hock, près Le Havre, chez MM. Schneider et Cⁱᵉ. — Slough et Twickenham, près Londres.*

Hors Concours. — Membre du Jury, Exposition de Bruxelles, 1910

SYSTÈMES C. G. R. A ÉMISSION MUSICALE

Fournisseurs : des Ministères Français de la Marine, de la Guerre, des Postes et Télégraphes, des Colonies, de divers Gouvernements étrangers, (Russie, Brésil, Mexique, République Argentine); *des Compagnies de Navigation Françaises* (Transports Maritimes, Sud Atlantique; Chargeurs réunis, Compagnie de navigation mixte, Compagnie France Amérique, Compagnie Nantaise de navigation à vapeur, etc.).

VENTE — LOCATION — ENTRETIEN — EXPLOITATION
de **stations** de toutes puissances à **terre** et **sur navires.**

SEULES STATIONS FRANÇAISES DE TÉLÉPHONIE SANS FIL EN FONCTIONNEMENT. — PORTÉES RÉALISÉES : 200 A 300 KILOMÈTRES

PLUS DE 260 STATIONS LIVRÉES

PETITES NOUVELLES.

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Goderville (Seine-Inférieure). — Une Commission aurait été nommée par le Conseil municipal pour étudier la question de la distribution de l'énergie électrique.

Wattrelos (Nord). — Une demande de concession de distribution d'énergie électrique a, paraît-il, été adressée à la municipalité.

Loos (Nord). — La Société Électricité et Gaz du Nord aurait demandé la concession de la distribution de l'énergie électrique.

Clion (Indre). — On annonce qu'une distribution d'énergie électrique sera établie sous peu dans cette localité.

Formiguères (Pyrénées-Orientales). — Le maire a, paraît-il, traité avec la Société méridionale de Transport de Force pour l'éclairage électrique de la commune.

Théziers (Gard). — Le Conseil municipal aurait décidé de faire installer l'électricité dans la commune.

Lizant (Vienne). — Un projet d'éclairage électrique aurait été soumis à la municipalité par M. Bernard.

Montfort-en-Chalosse (Landes). — Le Conseil municipal aurait accepté en principe la proposition qui lui a été soumise pour l'éclairage électrique de la commune.

Pouilly-le-Monial (Rhône). — Cette ville sera, paraît-il, éclairé sous peu à l'électricité par les soins de la Compagnie d'Énergie électrique du Rhône.

Saint-Illide (Cantal). — Il serait question de faire installer l'éclairage électrique dans cette commune.

Tauxières-Mutry (Marne). — Un projet d'installation d'éclairage électrique aurait été soumis à la municipalité.

Bouclans (Doubs). — Une usine électrique doit, paraît-il, être installée pour fournir le courant électrique dans cette commune et les communes environnantes.

Vandenesse (Côte-d'Or). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans cette commune.

Lux (Côte-d'Or). — On annonce que M. Rebourg aurait été choisi comme concessionnaire de l'éclairage électrique.

Feugarolles (Lot-et-Garonne). — MM. Dulac et Camicas auraient été nommés concessionnaires de l'éclairage électrique.

Brassac-les-Mines (Puy-de-Dôme). — La municipalité vient paraît-il, de traiter avec l'Omnium général d'Électricité, à Lempdes, pour la fourniture de l'éclairage électrique dans la commune.

Saint-Florent (Cher). — Le Centre électrique aurait obtenu la concession pour la distribution de l'énergie électrique dans cette ville.

Saint-André-de-Corcy (Rhône). — Il serait question d'installer l'électricité dans cette commune.

Griselle (Côte-d'Or). — Le moulin de Griselle doit, paraît-il être sous peu aménagé pour servir d'usine électrique destinée à fournir le courant dans les communes environnantes.

Arpajon (Cantal). — Une Société serait sur le point de faire construire une usine sur les bords de la Cère pour l'éclairage électrique de la commune.

Arvieux (Hautes-Alpes). — La Société d'énergie électrique du Queyras a, dit-on, obtenu la concession de l'éclairage électrique.

Anglure (Marne). — MM. Brossard et Cie, de Paris, auraient été nommés concessionnaires de l'éclairage électrique.

Issoire (Puy-de-Dôme). — Le maire est, paraît-il, en pourparlers avec M. Grivolas pour la fourniture de l'énergie électrique dans la ville.

Saint-André-sur-Orne (Calvados). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans cette commune.

Puchay (Eure). — La Municipalité vient, paraît-il, de nommer une Commission pour étudier un projet de distribution d'énergie électrique présenté par la Compagnie générale française et continentale d'Éclairage.

Pralognan-la-Vaudoise (Savoie). — M. Rey aurait été autorisé à fournir sans concession l'éclairage électrique dans la commune.

Laurières (Haute-Vienne). — M. Loniaud aurait déposé une demande de concession de distribution d'énergie électrique qui serait soumise prochainement à l'enquête.

Divers.

Congrès de Tunis de l'Association française pour l'Avancement des Sciences. — Voici le programme général du Congrès de Tunis qui aura lieu du samedi 22 au vendredi 28 mars 1913.

Premier jour. Samedi 22 mars. — Jour de l'arrivée. Ouverture solennelle du Congrès au théâtre municipal, à 3 h de l'après-midi.

Deuxième jour. Dimanche 23 mars. — Excursions générales : Matin : Tunis, Bardo, Souks (une demi-journée). — Après-midi : Tunis-Carthage, Sidi-bou-Saïd (une demi-journée).

Troisième jour. Lundi 24 mars. — Matin : Séances des sections. — Après-midi : Inauguration de la statue de Ph. Thomas; visites au Jardin d'Essais et à l'École coloniale d'Agriculture.

Quatrième jour. Mardi 25 mars. — Excursions au choix : *a*. Tunis, Potinville, Mornag (une demi-journée); *b*. Tunis, Ferryville, Bizerte (une journée); *c*. Tunis, Korbous (une journée).

Cinquième jour. Mercredi 26 mars. — Matin : Séances des sections — Après-midi : Visite des Monopoles et de l'usine de superphosphates. Visite à la Direction générale de l'Enseignement et au Service de l'Élevage.

Sixième jour. Jeudi 27 mars. — Matin : Séances des sections. — Après-midi, 2 h : Séance de clôture à l'Hôtel des Sociétés françaises.

Septième jour et suivants. — Après la clôture du Congrès, excursions finales au choix : *a*. Tunis, Dougga (1 jour); *b*. Tunis, Sousse, Kairouan (2 jours); *c*. Grand circulaire tunisien : Tunis, Sousse Sbeïtla, Tozeur, Metlaoui, Sfax, Tunis (5 jours).

Excursions. — Les diverses visites ou excursions de Sections prévues à ce jour ayant un intérêt général, tous les congressistes désireux d'y participer y seront admis. Visites à l'hôpital civil français, à l'hôpital indigène Sadiki, à la clinique ophtalmologique du docteur Cuenod, excursion botanique d'une demi-journée au Bou Kornine (une demi-journée, 25 mars).

Bardo-Souks (23 mars, matin). — Départ : Porte de France, 8 h 45 m. Arrivée au Bardo par Bab-Saadoun, 9 h 20 m. — Visite du Musée, 1 heure. — Départ du Bardo, 10 h 30 m. Arrivée à la Kasbah, de 11 h à 11 h 10 m. Prix : 0,45 fr.

Carthage Sidi-Bou-Saïd (23 mars, après midi). — Départ, Tunis-Nord, 2 h. Passage à Marsa-Plage, 2 h 32 m. Arrivée à Sidi-Bou-Saïd, 2 h 38 m. Visite de Sidi-Bou-Saïd (42 minutes). — Départ de Sidi-Bou-Saïd, 3 h 20 m; arrivée à Carthage, 3 h 30 m. Carthage : visite du Musée (1 heure). Visite des ruines (théâtre, villa romaine, basilique de Damous el karita (1 h. 30 m.). — Départ de Carthage, 6 h. Arrivée, Tunis-Casino, 6 h 30 m. — Prix : 2e classe, 0,75fr.

Tunis Potinville-Mornag (25 mars, matin). — Tunis, départ, 6 h 25 m. Potinville, arrivée 7 h 7 m. De la gare au domaine, transport assuré par la Compagnie pour 300 personnes. — Visite du domaine. Vue sur le Mornag. — Potinville, départ 10 h 41 m; Tunis, arrivée 11 h 27 m. — Prix : 2,05 fr.

Tunis, Ferryville, Bizerte (25 mars, journée). — Tunis, départ, 6 h 35 m; Oued Tindja, arrivée 8 h 40 m. Tindja-Ferryville, tramway ou voiture. Visite de l'arsenal de Sidi-Adballah. — Sidi-Abdallah, départ à 11 h 30 m. Traversée du lac. — Bizerte, déjeuner 12 h 30 m. Visite de Bizerte. — Bizerte, départ, 16 h 29 m; Tunis, arrivée, 18 h 58 m. — Prix : 13,50 fr. — Minimum 10 personnes, maximum 100 personnes.

Tunis-Korbous (25 mars). — 1° en automobile, voitures de 4 à 6 places. — Tunis, départ, 8 h 30 m; Korbous, arrivée, 10 h : Visite de l'établissement et des sources. Déjeuner, 11 h 30 m. Continuation de la visite des sources. — Korbous, départ, 16 h 30 m; Tunis, arrivée, 18 h. — Prix : 18 fr. — Minimum, 4 personnes; maximum, 100 personnes.

2° En chemin de fer et voiture. — Tunis, départ, 6 h 25 m; Soliman, arrivée, 7 h 47 m. — Soliman à Korbous (voiture); arrivée à Korbous à 10 h. Visite de l'établissement et des sources. Déjeuner à l'hôtel des Thermes, 11 h 30 m. — Continuation de la visite des sources. — Départ de Korbous, 15 h; arrivée à Soliman vers 17 h. Départ de Soliman, 17 h 43 m; arrivée à Tunis, 19 h 2 m. — Prix : 11 fr. — Minimum, 10 personnes; maximum, 50 personnes.

Tunis-Dougga (28 mars, journée). — En automobile, voitures de 4 et 6 places : Tunis, départ 8 h; Dougga, arrivée vers 11 h 30 m. Déjeuner champêtre emporté de Tunis. Visite des mines. — Dougga, départ, 16 h; Tunis, arrivée vers 19 h. — Prix : 40 fr. — Minimum, 4 personnes; maximum, 50 personnes.

Excursion Tunis, Sousse, Kairouan, Tunis (28-29 mars, 2 jours). — Premier jour. — Tunis, départ à 6 h 25 m; Sousse, arrivée à 10 h 55 m. Installation dans les hôtels. Déjeuner. Visite de la ville,

des catacombes et de la Kasbah (de la ville aux catacombes en voiture). Dîner et coucher.

Deuxième jour. — Petit déjeuner. Départ à 5 h 6 m; Kairouan, arrivée à 7 h 22 m. Visite de la ville et des mosquées. Déjeuner. Départ à 11 h 33 m. — Tunis, arrivée à 19 h 2 m. — Prix par personne : 50 fr. — Minimum, 10 personnes ; maximum, 60 personnes.

Excursion de 5 jours à Sousse, Kairouan, Sbeitla, Tozeur, Metlaoui, Sfax, Tunis (28 mars-1er avril). — **Premier jour.** — Tunis, départ, 6 h 25 m; Sousse, arrivée, 10 h 55 m. — Déjeuner,. Visite de la ville. Musée. Kasbah. Catacombes (en voiture). — Sousse, départ, 18 h 7 m; Kalaa Srira, arrivée, 18 h 22 m. Dîner. Départ, 18 h 51 m. — Kairouan, arrivée, 20 h 58 m. Séance d'Aïssaouas. Coucher.

Deuxième jour. — Petit déjeuner. Visite des mosquées. Déjeuner. Départ à 11 h 33 m. Aïn Ghrasesia, arrivée à 11 h 55 m. Départ à midi par train spécial. — Sbeïtla, arrivée vers 16 h 30 m. Visite des ruines. Dîner.

Troisième jour. — Départ à 1 h 14 m. Petit déjeuner à Henchir-Souatir. — Metlaoui, arrivée à 9 h 22 m; départ à 10 h 30 m. — Tozeur, arrivée à midi. Installation dans les hôtels. Déjeuner. Visite de Tozeur. Dîner et coucher.

Quatrième jour. — Petit déjeuner. Continuation de la visite des oasis (promenade à âne). Déjeuner. Départ à midi. — Metlaoui, arrivée à 13 h 50 m. Visite des mines de phosphates. Dîner. Départ à 18 h 46 m.

Cinquième jour. — Sfax, arrivée à 4 h 54 m. Petit déjeuner. Visite de la ville. Départ à 10 h 9 m. — El-Djem, arrivée à 11 h 40 m. Visite de l'amphithéâtre. Départ à 12 h 10 m. Déjeuner dans le train, emporté de Sfax. — Tunis, arrivée à 19 h 2 m. — Prix : pour 30 personnes, 170 fr par personne; 20 personnes, 190 fr par personne; 10 personnes, 230 fr par personne. — Minimum 10 personnes, maximum 30 personnes.

NOTE. — Tunis-Bardo, Tunis-Carthage-Sidi-bou-Saïd. Tunis-Potinville, s'inscrire dès l'arrivée au Secrétariat.

Tunis-Ferryville, Bizerte, Tunis-Korbous, Tunis-Sousse-Kairouan, Tunis-Sbeïtla-Tozeur-Sfax, Tunis-Dougga, les inscriptions devront être parvenues, dernier délai, le 1er mars, au Comité local.

Tous les prix sont prévus pour la 2e classe seulement.

Transformation d'énergie des usines de Rioupéroux aux aciéries de Firminy. — On a déjà annoncé la combinaison intervenue entre la Société des aciéries de Firminy et les usines de Rioupéroux.

Ces dernières usines, situées sur la Romanche, possèdent une chute de 25 000 chevaux environ.

Les aciéries de Firminy ont réalisé l'augmentation de capital de Rioupéroux, et vont aménager cette chute en partie pour leur propre service.

Il vient d'intervenir un accord extrêmement intéressant entre ces deux Sociétés et la Compagnie électrique de la Loire et du Centre. Celle-ci achète tout l'excédent de la force disponible à l'usine de Rioupéroux et se charge, de plus, de transporter, moyennant des conditions favorables pour elle et pour les aciéries de Firminy tout le courant dont celles-ci ont besoin, courant pris à Rioupéroux.

Les aciéries de Firminy et Rioupéroux s'interdisent d'ailleurs toute distribution de force par elles-mêmes ; ce soin étant exclusivement réservé à la Compagnie électrique de la Loire et du Centre.

Il est à noter que le transport d'énergie doit se faire sur une distance de 180 km qui séparent Rioupéroux de Firminy.

Les hauts-fourneaux électriques. — Les fours électriques pour la production de la fonte, par le traitement direct du minerai sont actuellement au nombre de six : quatre en Suède : Trollhättan (2500 chevaux), Domnarfvert (3500 chevaux), Hagfors (deux de 3000 chevaux chacun) ; un en Norvège : Hardanger (3500 chevaux) le sixième en Californie : Héroult-City (3000 chevaux).

Cinq autres fours sont à peu près achevés : un four de 3500 chevaux à Hardanger (Norvège; trois de 3000 chevaux à Arendal (Norvège) ; un four de 2500 chevaux en Suisse.

La puissance totale affectée à l'industrie sidérurgique est à présent de 32 500 chevaux environ.

Mécanique appliquée, Tome I : **L'énergie mécanique,** par John PERRY, professeur au Royal College of Science, South Kensington; traduit sur la neuvième édition anglaise, par E. Davaux, ingénieur de la marine avec des additions et un appendice sur la Mécanique des corps déformables, par E. Cosserat, correspondant de l'Institut, directeur de l'Observatoire de Toulouse, et F. Cosserat, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, ingénieur en chef à la Compagnie des chemins de fer de l'Est. 1 Vol. 16 cm × 25 cm, de 397 pages et 205 figures dans le texte. Librairie scientifique A. Hermann et fils, 6, rue de la Sorbonne, Paris. Prix, broché : 10 fr.

En sous-titre, on trouve encore cette dédicace qui définit nettement le but de l'Ouvrage : « A l'usage des élèves qui peuvent travailler expérimentalement et faire des exercices numériques et graphiques »: nous ajouterons que le maximum de connaissances scientifiques exigé correspond à peu près au programme de mathématiques élémentaires. En effet, l'auteur est convaincu qu'une préparation théorique de grande envergure n'est pas nécessaire pour aborder l'étude de la Mécanique appliquée, parce que les principes qui doivent être étudiés par le jeune ingénieur sont très peu nombreux, mais doivent lui devenir très familiers: et ce but ne sera vraiment atteint qu'en complétant le travail de l'atelier et des bureaux de dessin par des exercices numériques et beaucoup d'expériences quantitatives de laboratoire. Chaque Chapitre, par exemple, est suivi d'un certain nombre d'énoncés de problèmes dont on donne la réponse seulement, ce qui est un grand avantage pour les élèves obligés de parfaire leur instruction par leurs propres moyens.

Le professeur John Perry a expérimenté cette méthode pendant sa longue carrière dans l'enseignement et c'est devant les résultats excellents qu'il en a obtenus, c'est-à-dire « des hommes préparés en toute circonstance pour l'application aux problèmes pratiques et conscients des limites entre lesquelles leurs connaissances pouvaient être utilisées » qu'il s'est décidé à publier le présent Ouvrage. Nous aurons traduit notre propre impression en déclarant que ce Livre mérite de figurer déjà dans les bibliothèques de nos lycées, où il illuminera pour ainsi dire les notions théoriques un peu abstraites de la Mécanique élémentaire. Les élèves n'ont, en général aucune idée sur les frottements et le rôle qu'ils peuvent jouer dans une machine, ils conçoivent mal la différence qui existe entre l'énergie potentielle et l'énergie cinétique: enfin, ils ignorent tout des matériaux de construction, etc. La simple lecture du cours de M. Perry les intéressera et les initiera à nombre de définitions techniques dont on ne saurait trop tôt enrichir la mémoire des enfants. Pour les jeunes gens déjà inscrits à une école spéciale, l'auteur a complété certaines questions par des notes où une plus large place est laissée à l'Analyse mathématique. L'appendice que MM. E. et F. Cosserat ont consacré à la Mécanique des corps déformables est d'une haute portée scientifique et adapté aux plus récents progrès réalisés dans ce domaine.

Nos lecteurs connaissent déjà l'excellente édition de la Physique de M. Cwolson, due à la plume de M. Davaux : ce dernier a donné également une excellente traduction du texte anglais, d'autant plus appréciable pour nous que toutes les mesures sont exprimées en unités françaises.

Deutscher Kalender für Elektrotechniker. (*Agenda allemand pour électriciens*, fondé par F. UPPENBORN et entièrement refondu par G. DETTMAR, secrétaire général du Verband Deutscher Elektrotechniker, de Berlin. 2 Vol. 10 cm × 16,5 cm de I-XII et 1-624 pages avec 235 figures dans le texte pour l'un, de I-VII et 1-347 pages avec 154 figures dans le texte pour l'autre. Editeur : R. Oldenbourg, de Munich et Berlin. Le premier Volume relié en cuir souple sous forme de portefeuille, le deuxième broché. Prix : 5 marks.

Fondé il y a 30 ans déjà par Uppenborn, cet Agenda a été l'objet dans le cours des années de transformations destinées à le tenir au courant des progrès réalisés; sous la direction de G. Dettmar, la nouvelle édition a subi une refonte complète; les théories démodées ont été définitivement supprimées et remplacées par les idées modernes dans le domaine de la Science pure et par les résultats numériques les mieux établis. Les dispositifs de sécurité employés sur les lignes de chemins de fer forment la matière d'un Chapitre nouveau. Le distingué secrétaire de la Société des électriciens allemands s'est assuré, pour mener à bien cette entreprise, le concours des techniciens les plus marquants, en sorte que chaque sujet sort de la plume d'un spécialiste. Grâce à cette division du travail, l'Agenda a pris un développement qui le distingue avantageusement des Ouvrages similaires; avec ses 1000 pages et ses 400 figures il forme une véritable encyclopédie électrotechnique, tout en conservant les dimensions d'un portefeuille. Nous estimons que cet Ouvrage doit rendre de grands services aux électriciens.

Die Veranschlagung elektrischer Licht und Kraftanlagen (*Modèles de devis pour installations d'éclairage et de force motrice électrique*), par R. JACOBI, ingénieur en chef. 1 Vol. 16 cm × 24 cm, de 207 pages. Editeur, R. Oldenbourg, Munich et Berlin. Prix : relié chagrin, 7,50 marks.

Ces formulaires, utiles à tous les constructeurs et ingénieurs, deviennent indispensables aux maisons de moyenne importance qui ne peuvent supporter les frais d'un spécialiste pour lequel l'établissement du bilan des frais d'une installation est une routine. L'auteur propose ainsi vingt projets où sont détaillés tous les accessoires susceptibles d'être employés; dans le texte, on trouvera en outre sur chacun d'eux des renseignements d'ordre mécanique et électrique ainsi que des conseils sur leur meilleure application. La librairie fournit ces formulaires séparément au prix de 2,50 marks les cinquante.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Convertisseurs. — *Emploi du survolteur synchrone avec les convertisseurs à tension variable* (*Ind. élec.*, 10 décembre 1912, p. 544-546). — Le rapport entre les tensions du courant alternatif et du courant continu dans une commutatrice donnée est un nombre approximativement constant qui varie très peu d'une charge nulle à la pleine charge. Il est nécessaire, en conséquence, si l'on désire obtenir du courant continu à tension variable, d'adjoindre au convertisseur ordinaire un dispositif auxiliaire ou d'ajouter un appareil. Les dispositifs industriels généralement utilisés pour obtenir ces résultats sont : 1° un survolteur synchrone à courant alternatif; 2° un régulateur de potentiel à courant alternatif ou transformateur régulateur; 3° un survolteur à courant continu; une commutatrice à pôles auxiliaires; un compoundage automatique. Tous ces procédés ont été utilisés avec un succès plus ou moins grand. L'emploi du survolteur synchrone étant maintenant préconisé pour certaines applications, l'article en donne une description accompagnée d'une figure.

Convertisseurs synchrones américains (*Ind. élect.*, 25 octobre 1912, p. 469-472). — Les commutatrices ou convertisseurs synchrones sont d'un usage étendu en Amérique, où on les considère ordinairement comme les meilleurs appareils pour la transformation du courant alternatif en courant continu pour les installations qui doivent fonctionner avec un rendement élevé et pouvoir faire face à des surcharges prononcées. Les pulsations que l'on observa autrefois dans la marche des groupes convertisseurs synchrones provenaient des variations de vitesse périodiques des alternateurs-générateurs mêmes; elles sont éliminées avec les groupes électrogènes que l'on emploie aujourd'hui; elles peuvent d'ailleurs être corrigées au besoin à l'aide d'amortisseurs magnétiques, formés de simples bobines fermées en court circuit. — La question la plus intéressante dans le fonctionnement de ces machines est donc le réglage de la tension; elle a fait l'objet de travaux importants dont quelques-uns sont examinés dans l'article.

Usines d'électricité. — *Les usines génératrices du Witwatersrand, au Transvaal*; A. van der Ham (*E. T. Z.*, 9 janvier 1913 p. 25-27). — Sans reprendre *ab ovo* la genèse des sociétés qui se sont disputé le monopole de la fourniture de l'énergie électrique aux mines du Transvaal, nous indiquerons quel est l'état actuel de la question, en disant au préalable quelques mots du fameux projet d'utilisation des chutes Victoria sur le Zambèze, projet dont l'exécution est remise aux calendes grecques pour ne pas dire qu'il est tombé à l'eau. C'était, en effet, une entreprise bien séduisante, puisque la largeur totale du fleuve à l'endroit de la chute est de 1737 m; il y a en réalité plusieurs chutes séparées les unes des autres par des îles et des rochers, comme les îles de Boaruka et de Livingstone; elles sont appelées *Devils Cataract, Main Falls, Rainbow Falls, Eastern, Cataract*, etc. Cette masse énorme d'eau se précipite d'une hauteur de 115 m environ avec un grondement formidable, et se réunit dans un cirque de 60 à 90 m de largeur qui communique par un pertuis de 30 m de largeur avec le Grand Cañon. Ce dernier a un parcours très sinueux; il a 65 km de longueur, 152 m de largeur aux environs du pont du chemin de fer et 122 m de profondeur à l'étiage. Un sondage systématique n'a pas encore été fait; une société s'était constituée sous le nom de *Victoria Falls Power C° Ldt*, pour utiliser la puissance de la chute évaluée entre 300 000 et 600 000 chevaux, alors que les mines du Transvaal ne demandaient pas plus de 200 000 chevaux. D'après les projets des ingénieurs, la station génératrice devait être érigée au deuxième coude du Grand Cañon, et l'énergie transmise à 900 km sous forme de courant continu à 160 000 volts, d'après le système Thury. Ce sont d'ailleurs moins des raisons techniques que des raisons finan-

(1) Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.

cières qui ont fait échouer le projet, car la société n'avait pas pu s'assurer, dès le début, une clientèle suffisante. Elle s'est donc rabattue sur les stations à vapeur, susceptibles aussi d'une bonne rémunération, étant donné le bas prix du charbon au Transvaal et, sous la nouvelle raison sociale : Victoria Falls and Transvaal Power C° Ltd, elle a commencé par acheter les centrales de Brakpan et Driehoek de 2500 et 3700 kw, tout en passant un marché avec la Vereeniging Estates Ltd, qui devait lui fournir le charbon, et en s'assurant le monopole de la fourniture de l'énergie électrique auprès des différentes sociétés minières. Tout semblait marcher à souhait, quand un concurrent s'est révélé en la personne de l'ingénieur W.-A. Harper, soutenu par l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. Grâce à des transactions financières, dont le détail n'occupe pas moins de deux colonnes de l'*E. T. Z.*, la Victoria Falls and Transvaal Power C° Ltd est restée seule concessionnaire avec sa filiale la Rand Mines Power Supply C°. Son avoir se compose des biens ci-dessous désignés : 1° un terrain presque circulaire de 9,25 km de diamètre au voisinage des chutes Victoria, concédé pour 75 ans; 2° une part du domaine Elandsfontein, n° 11 sur lequel est édifiée la station de Driehoek, 3700 kw; 3° une part du domaine Weltevreden n° 16, dans le district de Boksburg, concédé pour 85 ans. Sur ce domaine était érigée l'usine génératrice Brakpan de 2500 kw, qui a été démolie et remplacée par une usine de 6000 kw construite par l'A. E. G. (deux groupes turbo-dynamos de 3600 kw chacun); 4° une autre part de Elandsfontein n° 11, où se trouve l'usine de Simmerpan de 18 000 kw, construite par l'A. E. G. (quatre groupes turbo-dynamos de 3600 kw chacun et deux groupes de 4200 kw chacun); 5° une part du domaine Doornfontein n° 24. Ce terrain a été rétrocédé à la filiale Rand Mines Power Supply C° Ltd et l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft y a élevé l'usine génératrice de Rosherville produisant 50 000 kw électriques et 16 000 chevaux sous forme d'air comprimé. D'après les traités passés avec M. Harper, la Rand Mines Power Supply C° Ltd, doit exclusivement fournir l'énergie dont elles ont besoin à la Rand Mines Ltd et à la Eckstein et C°, avec un minimum annuel de 130 000 000 kw-h; il paraît qu'on a déjà souscrit pour 300 000 000 kw-h par an et pour une période de 20 années ; 6° une dernière part lui revient des domaines de Leeuvkuil n° 334 et Klipplaatsdrift, n° 336, dans le district de Heildelberg où est projetée une usine de 40 000 kw. En comptant cette dernière, la puissance totale dont disposent le consortium des deux sociétés est de 152 000 kw. Nous passons sous silence les sous-stations et les lignes de transmission qui sillonnent pour ainsi dire le Transvaal dans tous les sens. Jusqu'en janvier 1911, le kilowatt-heure était vendu 0,075 fr; de 1911 à octobre 1912, 0,05612 fr et à partir d'octobre 1912, 0,0525 fr. La Société d'électricité compte sur un facteur de charge d'au moins 70 pour 100. Les sociétés minières East Rand Proprietary Mines Ltd et Randfontein Estates Gold Mining C° Ltd ne sont pas reliées au réseau ci-dessus décrit; elles se fabriquent elles-mêmes leur électricité, la première pour 14 000 kw, la seconde pour 20 000 kw. Les deux tableaux suivants donnent une idée du développement de la force motrice électrique dans les mines d'or; l'un se réfère plus spécialement à la Victoria Falls and Transvaal Power C°, l'autre embrasse toute l'énergie employée au Witwatersrand.

Tableau I.

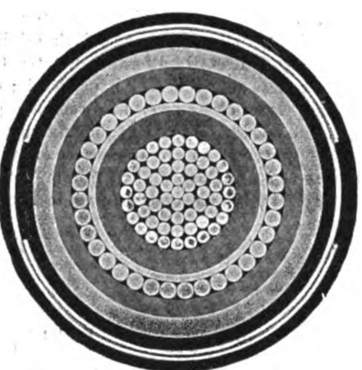
Années.	Kw-h fournis par Brakpan et Simmerpan.	Kw-h fournis par Driehokek.	Kw-h totaux fournis par V. F and Tr. P. C°.
1907....	7755116	13629784	21384900
1908....	10821279	16605417	27426696
1909....	37909915	16088644	53998559
1910....	84141704	11550953	95692657

Ateliers de Constructions Électriques du Nord et de l'Est

Société Anonyme au Capital de **25.000 000 de Francs.**

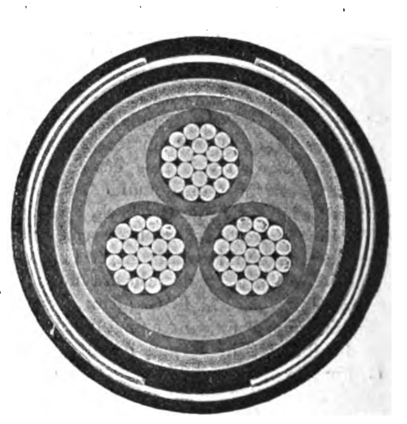
CABLERIE DE JEUMONT (NORD)

SIÈGE SOCIAL : *75, boulevard Haussmann, PARIS*



AGENCES :

PARIS : 75, *boul. Haussmann.*
LYON : 168, *avenue de Saxe.*
LILLE : 34, *rue Faidherbe.*
NANCY : 2, *rue Grandville.*
MARSEILLE : 8, rue des Convalescents.
TOULOUSE : 20, *rue Cujas.*
ALGER : 45, *rue d'Isly.*



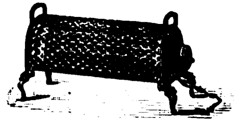
CABLES ARMÉS ET ISOLÉS A HAUTE ET BASSE TENSION

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE GRIVOLAS

PARIS 1900, SAINT-LOUIS 1904, **Médailles d'Or**
LIÉGE 1905, **Grand Prix.**

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 2000000 DE FRANCS
Siège social : 16, rue Montgolfier, PARIS

MILAN, 1906, **2 Grands Prix**
LONDRES 1908, **Membre du Jury.**
BRUXELLES 1910, **Grand Prix.**
TURIN 1911. H.-C. **Memb. du Jury.**



TÉLÉPHONE : 1030-55 (*1re ligne*)
— **1030-58** (*2e ligne*)
— **1013-27** (*3e ligne*)

TÉLÉGRAMMES :
GRIVOLAS-MONTGOLFIER-PARIS

RADIATEURS LUMINEUX " QUARTZALITE "

Le chauffage électrique vient de voir son extension s'accroître tout recemment par l'application du **Quartzalite** dans les Radiateurs construits suivant les brevets C.-O. Bastian.

Le **Quartzalite** ne craint ni l'humidité, ni les courants d'air. L'application du **Quartzalite** est des plus efficace dans les radiateurs électriques. Les radiateurs lumineux **Quartzalite** sont d'un prix très avantageux. Les rechanges des radiateurs lumineux **Quartzalite** sont pratiques. Une très grande durée est assurée aux radiateurs **Quartzalite** lumineux. Les courants continus et alternatifs sont applicables aux radiateurs lumineux **Quartzalite**.

MAXIMUM DE RENDEMENT, SIMPLICITÉ, BON MARCHÉ

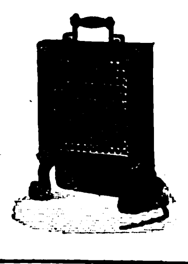




Tableau II.

Années.	Nombre des génératrices.	Puissance totale des génératrices en kw.	Nombre des moteurs.	Puissance totale des moteurs en chevaux.
1903....	397	20027	724	17549
1904....	445	25264	1012	22326
1905....	493	33525	1375	30064
1906....	500	42431	1774	42601
1907....	513	54157	2059	47387
1908....	493	53997	2259	55933
1909....	516	75866	3022	76279

D'autres industries se développeront parallèlement au travail des mines, qui utiliseront l'énergie électrique. Citons déjà l'industrie de l'acier, amorcée par la Sout African Steel Corporation dont le but est de convertir en acier, dans des fours d'induction du système Héroult, les riblons de fer provenant des mines et d'exploiter ultérieurement les riches gisements de minerais de fer du Transvaal.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

Sur la résistance électrique entre un cristal et un corps métallique en contact par une surface plane; A. Vesely (*Phys. Zeits.*, 15 janvier 1913, p. 76-81). — Le présent article relate les nouvelles expériences effectuées pour établir l'influence de la pression et de la température sur la résistance mesurée. Pour les essais de pression, on utilisait des électrodes en plomb amalgamé qui étaient pressées contre le cristal au moyen d'une vis. On n'a pas constaté de minimum de résistance bien net dans toutes ces recherches. Toute augmentation de pression était toujours suivie, souvent après une certaine pause, d'une diminution de la résistance. Ainsi un cristal de sulfure de plomb a donné successivement $\rho = 0{,}00\,596$ ohm, puis $\rho = 0{,}00\,247$ ohm et après une pause, $\rho = 0{,}00223$. Si à partir de ce moment on continue à serrer encore de plus en plus, les résistances mesurées sont : 0,00213, 0,00211, 0,00207, et le dernier serrage donne 0,00215; c'est-à-dire un effet apparamment négatif; mais si l'on abandonne le cristal à lui-même pendant quelque temps, la résistance retombe à $\rho = 0{,}00192$ ohm et au bout de quelques jours à $\rho = 0{,}00155$ ohm. Après cela on enfonce encore davantage la vis et l'on constate encore un effet négatif, car $\rho = 0{,}00229$; mais un repos de quelques heures abaisse ρ à 0,00142 ohm. Un autre cristal de plomb soumis à la même série d'épreuves a finalement indiqué une résistance ρ de 0,00150 ohm. Mêmes observations avec une éprouvette constituée par un cylindre de pyrite; ρ varie de 0,00514 à 0,00228 ohm. D'après ces expériences, il semble bien que le minimum de résistance réalisable est fonction de la résistance à l'écrasement de la matière. — Pour étudier l'influence de la température, l'auteur a employé des contacts liquides, le plus souvent du mercure dans l'intervalle de — 38° à + 200°. La résistivité du cristal de sulfure de plomb a monté depuis $\rho = 0{,}0072$ ohm pour 38° à $\rho = 0{,}0880$ ohm pour 104°. Dans cet intervalle la variation est assez bien représentée par la formule $\rho_t = 0{,}00156\,[1 + 0{,}00478\,(t' + 37{,}7)]$. Ramené à la température ordinaire, le cristal reprend à peu près sa résistance primitive. Ce même cristal abandonné environ 5 jours dans la cuve à mercure, puis le tout étant placé d'abord dans un mélange réfrigérent et de nouveau abandonné au réchauffement, on constate une diminution de la résistance suivant une loi exponentielle conformément à la relation de Kœnigsberger. — Les mesures effectuées sur la markassite ont présenté plus de difficultés à cause de l'altération rapide de sa surface; sa résistance décroît avec la température suivant une courbe parabolique. — En résumé, l'auteur a trouvé des nombres toujours inférieurs à ceux donnés par d'autres expérimentateurs; l'étude ici exposée présente une certaine incertitude parce qu'à la résistance propre du cristal s'ajoute une résistance de contact qui échappe à toute appréciation. Ce travail fait suite à celui de Streintz signalé dans la Littérature des périodiques du 12 juillet 1912.

Propriétés électriques de quelques vapeurs présentant des bandes d'absorption; F. Burger et J. Kœnigsberger (*Phys. Zeits.*, 15 décembre 1912, p. 1198-1199). — D'après la théorie de J. Stark les

PETITES NOUVELLES.

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Goderville (Seine-Inférieure). — Une Commission aurait été nommée par le Conseil municipal pour étudier la question de la distribution de l'énergie électrique.

Wattrelos (Nord). — Une demande de concession de distribution d'énergie électrique a, paraît-il, été adressée à la municipalité.

Loos (Nord). — La Société Électricité et Gaz du Nord aurait demandé la concession de la distribution de l'énergie électrique.

Clion (Indre). — On annonce qu'une distribution d'énergie électrique sera établie sous peu dans cette localité.

Formiguères (Pyrénées-Orientales). — Le maire a, paraît-il, traité avec la Société méridionale de Transport de Force pour l'éclairage électrique de la commune.

Théziers (Gard). — Le Conseil municipal aurait décidé de faire installer l'électricité dans la commune.

Lizant (Vienne). — Un projet d'éclairage électrique aurait été soumis à la municipalité par M. Bernard.

Montfort-en-Chalosse (Landes). — Le Conseil municipal aurait accepté en principe la proposition qui lui a été soumise pour l'éclairage électrique de la commune.

Pouilly-le-Monial (Rhône). — Cette ville sera, paraît-il, éclairé sous peu à l'électricité par les soins de la Compagnie d'Énergie électrique du Rhône.

Saint-Illide (Cantal). — Il serait question de faire installer l'éclairage électrique dans cette commune.

Tauxières-Mutry (Marne). — Un projet d'installation d'éclairage électrique aurait été soumis à la municipalité.

Bouclans (Doubs). — Une usine électrique doit, paraît-il, être installée pour fournir le courant électrique dans cette commune et les communes environnantes.

Vandenesse (Côte-d'Or). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans cette commune.

Lux (Côte-d'Or). — On annonce que M. Rebourg aurait été choisi comme concessionnaire de l'éclairage électrique.

Feugarolles (Lot-et-Garonne). — MM. Dulac et Camicas auraient été nommés concessionnaires de l'éclairage électrique.

Brassac-les-Mines (Puy-de-Dôme). — La municipalité vient paraît-il, de traiter avec l'Omnium général d'Électricité, à Lempdes, pour la fourniture de l'éclairage électrique dans la commune.

Saint-Florent (Cher). — Le Centre électrique aurait obtenu la concession pour la distribution de l'énergie électrique dans cette ville.

Saint-André-de-Corcy (Rhône). — Il serait question d'installer l'électricité dans cette commune.

Griselle (Côte-d'Or). — Le moulin de Griselle doit, paraît-il être sous peu aménagé pour servir d'usine électrique destinée à fournir le courant dans les communes environnantes.

Arpajon (Cantal). — Une Société serait sur le point de faire construire une usine sur les bords de la Cère pour l'éclairage électrique de la commune.

Arvieux (Hautes-Alpes). — La Société d'énergie électrique du Queyras a, dit-on, obtenu la concession de l'éclairage électrique.

Anglure (Marne). — MM. Brossard et Cie, de Paris, auraient été nommés concessionnaires de l'éclairage électrique.

Issoire (Puy-de-Dôme). — Le maire est, paraît-il, en pourparlers avec M. Grivolas pour la fourniture de l'énergie électrique dans la ville.

Saint-André-sur-Orne (Calvados). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans cette commune.

Puchay (Eure). — La Municipalité vient, paraît-il, de nommer une Commission pour étudier un projet de distribution d'énergie électrique présenté par la Compagnie générale française et continentale d'Éclairage.

Pralognan-la-Vaudoise (Savoie). — M. Rey aurait été autorisé à fournir sans concession l'éclairage électrique dans la commune.

Laurières (Haute-Vienne). — M. Loniaud aurait déposé une demande de concession de distribution d'énergie électrique qui serait soumise prochainement à l'enquête.

Divers.

Congrès de Tunis de l'Association française pour l'Avancement des Sciences. — Voici le programme général du Congrès de Tunis qui aura lieu du samedi 22 au vendredi 28 mars 1913.

Premier jour. Samedi 22 mars. — Jour de l'arrivée. Ouverture solennelle du Congrès au théâtre municipal, à 3 h de l'après-midi.

Deuxième jour. Dimanche 23 mars. — Excursions générales : Matin : Tunis, Bardo, Souks (une demi-journée). — Après-midi : Tunis-Carthage, Sidi-bou-Saïd (une demi-journée).

Troisième jour. Lundi 24 mars. — Matin : Séances des sections. — Après-midi : Inauguration de la statue de Ph. Thomas; visites au Jardin d'Essais et à l'École coloniale d'Agriculture.

Quatrième jour. Mardi 25 mars. — Excursions au choix : *a.* Tunis, Potinville, Mornag (une demi-journée); *b.* Tunis, Ferryville, Bizerte (une journée); *c.* Tunis, Korbous (une journée).

Cinquième jour. Mercredi 26 mars. — Matin : Séances des sections — Après-midi : Visite des Monopoles et de l'usine de superphosphates. Visite à la Direction générale de l'Enseignement et au Service de l'Élevage.

Sixième jour. Jeudi 27 mars. — Matin : Séances des sections. — Après-midi, 2 h : Séance de clôture à l'Hôtel des Sociétés françaises.

Septième jour et suivants. — Après la clôture du Congrès, excursions finales au choix : *a.* Tunis, Dougga (1 jour); *b.* Tunis, Sousse, Kairouan (2 jours); *c.* Grand circulaire tunisien : Tunis, Sousse Sbeïtla, Tozeur, Metlaoui, Sfax, Tunis (5 jours).

Excursions. — Les diverses visites ou excursions de Sections prévues à ce jour ayant un intérêt général, tous les congressistes désireux d'y participer y seront admis. Visites à l'hôpital civil français, à l'hôpital indigène Sadiki, à la clinique ophtalmologique du docteur Cuenod, excursion botanique d'une demi-journée au Bou Kornine (une demi-journée, 25 mars).

Bardo-Souks (23 mars, matin). — Départ : Porte de France, 8 h 45 m. Arrivée au Bardo par Bab-Saadoun, 9 h 20 m. — Visite du Musée, 1 heure. — Départ du Bardo, 10 h 30 m. Arrivée à la Kasbah, de 11 h à 11 h 10 m. Prix : 0,45 fr.

Carthage Sidi-Bou-Saïd (23 mars, après midi). — Départ, Tunis-Nord, 2 h. Passage à Marsa-Plage, 2 h 32 m. Arrivée à Sidi-Bou-Saïd, 2 h 38 m. Visite de Sidi-Bou-Saïd (42 minutes). — Départ de Sidi-Bou-Saïd, 3 h 20 m; arrivée à Carthage, 3 h 30 m. Carthage : visite du Musée (1 heure). Visite des ruines (théâtre, villa romaine, basilique de Damous el karita (1 h. 30 m.). — Départ de Carthage, 6 h. Arrivée, Tunis-Casino, 6 h 30 m. — Prix : 2e classe, 0,75 fr.

Tunis Potinville-Mornag (25 mars, matin). — Tunis, départ, 6 h 25 m. Potinville, arrivée 7 h 7 m. De la gare au domaine, transport assuré par la Compagnie pour 300 personnes. — Visite du domaine. Vue sur le Mornag. — Potinville, départ 10 h 41 m; Tunis, arrivée 11 h 27 m. — Prix : 2,05 fr.

Tunis, Ferryville, Bizerte (25 mars, journée). — Tunis, départ, 6 h 35 m; Oued Tindja, arrivée 8 h 40 m. Tindja-Ferryville, tramway ou voiture. Visite de l'arsenal de Sidi-Adballah. — Sidi-Abdallah, départ à 11 h 30 m. Traversée du lac. — Bizerte, déjeuner 12 h 30 m. Visite de Bizerte. — Bizerte, départ, 16 h 29 m; Tunis, arrivée, 18 h 58 m. — Prix : 13,50 fr. — Minimum 10 personnes, maximum 100 personnes.

Tunis-Korbous (25 mars). — 1° en automobile, voitures de 4 à 6 places. — Tunis, départ, 8 h 30 m; Korbous, arrivée, 10 h : Visite de l'établissement et des sources. Déjeuner, 11 h 30 m. Continuation de la visite des sources. — Korbous, départ, 16 h 30 m; Tunis, arrivée, 18 h. — Prix : 18 fr. — Minimum, 4 personnes; maximum, 100 personnes.

2° En chemin de fer et voiture. — Tunis, départ, 6 h 25 m; Soliman, arrivée, 7 h 47 m. — Soliman à Korbous (voiture); arrivée à Korbous à 10 h. Visite de l'établissement et des sources. Déjeuner à l'hôtel des Thermes, 11 h 30 m. — Continuation de la visite des sources. — Départ de Korbous, 15 h; arrivée à Soliman vers 17 h. Départ de Soliman, 17 h 43 m; arrivée à Tunis, 19 h 2 m. — Prix : 11 fr. — Minimum, 10 personnes; maximum, 50 personnes.

Tunis-Dougga (28 mars, journée). — En automobile, voitures de 4 et 6 places : Tunis, départ 8 h; Dougga, arrivée vers 11 h 30 m. Déjeuner champêtre emporté de Tunis. Visite des mines. — Dougga, départ, 16 h; Tunis, arrivée vers 19 h. — Prix : 40 fr. — Minimum, 4 personnes; maximum, 50 personnes.

Excursion Tunis, Sousse, Kairouan, Tunis (28-29 mars, 2 jours). — Premier jour. — Tunis, départ à 6 h 25 m; Sousse, arrivée à 10 h 55 m. Installation dans les hôtels. Déjeuner. Visite de la ville,

des catacombes et de la Kasbah (de la ville aux catacombes en voiture). Dîner et coucher.

Deuxième jour. — Petit déjeuner. Départ à 5 h 6 m; Kairouan, arrivée à 7 h 22 m. Visite de la ville et des mosquées. Déjeuner. Départ à 11 h 33 m. — Tunis, arrivée à 19 h 2 m. — Prix par personne : 50 fr. — Minimum, 10 personnes; maximum, 60 personnes.

Excursion de 5 jours à Sousse, Kairouan, Sbeitla, Tozeur, Metlaoui, Sfax, Tunis (28 mars-1er avril). — Premier jour. — Tunis, départ, 6 h 25 m; Sousse, arrivée, 10 h 55 m. — Déjeuner,. Visite de la ville. Musée. Kasbah. Catacombes (en voiture). — Sousse, départ, 18 h 7 m; Kalaa Srira, arrivée, 18 h 22 m. Dîner. Départ, 18 h 51 m. — Kairouan, arrivée, 20 h 58 m. Séance d'Aïssaouas. Coucher.

Deuxième jour. — Petit déjeuner. Visite des mosquées. Déjeuner. Départ à 11 h 33 m. Aïn Ghrasesia, arrivée à 11 h 55 m. Départ à midi par train spécial. — Sbeïtla, arrivée vers 16 h 30 m. Visite des ruines. Dîner.

Troisième jour. — Départ à 1 h 14 m. Petit déjeuner à Henchir-Souatir. — Metlaoui, arrivée à 9 h 22 m; départ à 10 h 30 m. — Tozeur, arrivée à midi. Installation dans les hôtels. Déjeuner. Visite de Tozeur. Dîner et coucher.

Quatrième jour. — Petit déjeuner. Continuation de la visite des oasis (promenade à âne). Déjeuner. Départ à midi. — Metlaoui, arrivée à 13 h 50 m. Visite des mines de phosphates. Dîner. Départ à 18 h 46 m.

Cinquième jour. — Sfax, arrivée à 4 h 54 m. Petit déjeuner. Visite de la ville. Départ à 10 h 9 m. — El-Djem, arrivée à 11 h 40 m. Visite de l'amphithéâtre. Départ à 12 h 10 m. Déjeuner dans le train, emporté de Sfax. — Tunis, arrivée à 19 h 2 m. — Prix : pour 30 personnes, 170 fr par personne; 20 personnes, 190 fr par personne; 10 personnes, 230 fr par personne. — Minimum 10 personnes, maximum 30 personnes.

Note. — Tunis-Bardo, Tunis-Carthage-Sidi-bou-Saïd. Tunis-Potinville, s'inscrire dès l'arrivée au Secrétariat.

Tunis-Ferryville, Bizerte, Tunis-Korbous, Tunis-Sousse-Kairouan, Tunis-Sbeïtla-Tozeur-Sfax, Tunis-Dougga, les inscriptions devront être parvenues, dernier délai, le 1er mars, au Comité local.

Tous les prix sont prévus pour la 2e classe seulement.

Transformation d'énergie des usines de Rioupéroux aux aciéries de Firminy. — On a déjà annoncé la combinaison intervenue entre la Société des aciéries de Firminy et les usines de Rioupéroux.

Ces dernières usines, situées sur la Romanche, possèdent une chute de 25 000 chevaux environ.

Les aciéries de Firminy ont réalisé l'augmentation de capital de Rioupéroux, et vont aménager cette chute en partie pour leur propre service.

Il vient d'intervenir un accord extrêmement intéressant entre ces deux Sociétés et la Compagnie électrique de la Loire et du Centre. Celle-ci achète tout l'excédent de la force disponible à l'usine de Rioupéroux et se charge, de plus, de transporter, moyennant des conditions favorables pour elle et pour les aciéries de Firminy tout le courant dont celles-ci ont besoin, courant pris à Rioupéroux.

Les aciéries de Firminy et Rioupéroux s'interdisent d'ailleurs toute distribution de force par elles-mêmes; ce soin étant exclusivement réservé à la Compagnie électrique de la Loire et du Centre.

Il est à noter que le transport d'énergie doit se faire sur une distance de 180 km qui séparent Rioupéroux de Firminy.

Les hauts-fourneaux électriques. — Les fours électriques pour la production de la fonte, par le traitement direct du minerai sont actuellement au nombre de six : quatre en Suède : Trollhättan (2500 chevaux), Domnarfvert (3500 chevaux), Hagfors (deux de 3000 chevaux chacun); un en Norvège : Hardanger (3500 chevaux) le sixième en Californie : Héroult-City (3000 chevaux).

Cinq autres fours sont à peu près achevés : un four de 3500 chevaux à Hardanger (Norvège; trois de 3000 chevaux à Arendal (Norvège); un four de 2500 chevaux en Suisse.

La puissance totale affectée à l'industrie sidérurgique est à présent de 32 500 chevaux environ.

Mécanique appliquée, Tome I : **L'énergie mécanique**, par JOHN PERRY, professeur au Royal College of Science, South Kensington; traduit sur la neuvième édition anglaise, par E. DAVAUX, ingénieur de la marine avec des additions et un appendice sur la Mécanique des corps déformables, par E. COSSERAT, correspondant de l'Institut, directeur de l'Observatoire de Toulouse, et F. COSSERAT, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, ingénieur en chef à la Compagnie des chemins de fer de l'Est. 1 Vol. 16 cm × 25 cm, de 397 pages et 205 figures dans le texte. Librairie scientifique A. Hermann et fils, 6, rue de la Sorbonne, Paris. Prix, broché : 10 fr.

En sous-titre, on trouve encore cette dédicace qui définit nettement le but de l'Ouvrage : « A l'usage des élèves qui peuvent travailler expérimentalement et faire des exercices numériques et graphiques »; nous ajouterons que le maximum de connaissances scientifiques exigé correspond à peu près au programme de mathématiques élémentaires. En effet, l'auteur est convaincu qu'une préparation théorique de grande envergure n'est pas nécessaire pour aborder l'étude de la Mécanique appliquée, parce que les principes qui doivent être étudiés par le jeune ingénieur sont très peu nombreux, mais doivent lui devenir très familiers; et ce but ne sera vraiment atteint qu'en complétant le travail de l'atelier et des bureaux de dessin par des exercices numériques et beaucoup d'expériences quantitatives de laboratoire. Chaque Chapitre, par exemple, est suivi d'un certain nombre d'énoncés de problèmes dont on donne la réponse seulement, ce qui est un grand avantage pour les élèves obligés de parfaire leur instruction par leurs propres moyens.

Le professeur John Perry a expérimenté cette méthode pendant sa longue carrière dans l'enseignement et c'est devant les résultats excellents qu'il en a obtenus, c'est-à-dire « des hommes préparés en toute circonstance pour l'application aux problèmes pratiques et conscients des limites entre lesquelles leurs connaissances pouvaient être utilisées » qu'il s'est décidé à publier le présent Ouvrage. Nous aurons traduit notre propre impression en déclarant que ce Livre mérite de figurer déjà dans les bibliothèques de nos lycées, où il illuminera pour ainsi dire les notions théoriques un peu abstraites de la Mécanique élémentaire. Les élèves n'ont, en général aucune idée sur les frottements et le rôle qu'ils peuvent jouer dans une machine, ils conçoivent mal la différence qui existe entre l'énergie potentielle et l'énergie cinétique; enfin, ils ignorent tout des matériaux de construction, etc. La simple lecture du cours de M. Perry les intéressera et les initiera à nombre de définitions techniques dont on ne saurait trop tôt enrichir la mémoire des enfants. Pour les jeunes gens déjà inscrits à une école spéciale, l'auteur a complété certaines questions par des notes où une plus large place est laissée à l'Analyse mathématique. L'appendice que MM. E. et F. Cosserat ont consacré à la Mécanique des corps déformables est d'une haute portée scientifique et adapté aux plus récents progrès réalisés dans ce domaine.

Nos lecteurs connaissent déjà l'excellente édition de la Physique de M. Cwolson, due à la plume de M. Davaux; ce dernier a donné également une excellente traduction du texte anglais, d'autant plus appréciable pour nous que toutes les mesures sont exprimées en unités françaises.

Deutscher Kalender für Elektrotechniker. (*Agenda allemand pour électriciens*, fondé par F. UPPENBORN et entièrement refondu par G. DETTMAR, secrétaire général du Verband Deutscher Elektrotechniker, de Berlin. 2 Vol. 10 cm × 16,5 cm de I-XII et 1-624 pages avec 235 figures dans le texte pour l'un, de I-VII et 1-347 pages avec 154 figures dans le texte pour l'autre. Editeur : R. Oldenbourg, de Munich et Berlin. Le premier Volume relié en cuir souple sous forme de portefeuille, le deuxième broché. Prix : 5 marks.

Fondé il y a 30 ans déjà par Uppenborn, cet Agenda a été l'objet dans le cours des années de transformations destinées à le tenir au courant des progrès réalisés; sous la direction de G. Dettmar, la nouvelle édition a subi une refonte complète; les théories démodées ont été définitivement supprimées et remplacées par les idées modernes dans le domaine de la Science pure et par les résultats numériques les mieux établis. Les dispositifs de sécurité employés sur les lignes de chemins de fer forment la matière d'un Chapitre nouveau. Le distingué secrétaire de la Société des électriciens allemands s'est assuré, pour mener à bien cette entreprise, le concours des techniciens les plus marquants, en sorte que chaque sujet sort de la plume d'un spécialiste. Grâce à cette division du travail, l'Agenda a pris un développement qui le distingue avantageusement des Ouvrages similaires; avec ses 1000 pages et ses 400 figures il forme une véritable encyclopédie électrotechnique, tout en conservant les dimensions d'un portefeuille. Nous estimons que cet Ouvrage doit rendre de grands services aux électriciens.

Die Veranschlagung elektrischer Licht und Kraftanlagen (*Modèles de devis pour installations d'éclairage et de force motrice électrique*), par R. JACOBI, ingénieur en chef. 1 Vol. 16 cm × 24 cm, de 207 pages. Editeur, R. Oldenbourg, Munich et Berlin. Prix : relié chagrin, 7,50 marks.

Ces formulaires, utiles à tous les constructeurs et ingénieurs, deviennent indispensables aux maisons de moyenne importance qui ne peuvent supporter les frais d'un spécialiste pour lequel l'établissement du bilan des frais d'une installation est une routine. L'auteur propose ainsi vingt projets où sont détaillés tous les accessoires susceptibles d'être employés; dans le texte, on trouvera en outre sur chacun d'eux des renseignements d'ordre mécanique et électrique ainsi que des conseils sur leur meilleure application. La librairie fournit ces formulaires séparément au prix de 2,50 marks les cinquante.

LITTERATURE DES PÉRIODIQUES (1)

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Convertisseurs. — *Emploi du survolteur synchrone avec les convertisseurs à tension variable* (*Ind. élec.*, 10 décembre 1912, p. 544-546). — Le rapport entre les tensions du courant alternatif et du courant continu dans une commutatrice donnée est un nombre approximativement constant qui varie très peu d'une charge nulle à la pleine charge. Il est nécessaire, en conséquence, si l'on désire obtenir du courant continu à tension variable, d'adjoindre au convertisseur ordinaire un dispositif auxiliaire ou d'ajouter un appareil. Les dispositifs industriels généralement utilisés pour obtenir ces résultats sont : 1° un survolteur synchrone à courant alternatif; 2° un régulateur de potentiel à courant alternatif ou transformateur régulateur; 3° un survolteur à courant continu; une commutatrice à pôles auxiliaires; un compoundage automatique. Tous ces procédés ont été utilisés avec un succès plus ou moins grand. L'emploi du survolteur synchrone étant maintenant préconisé pour certaines applications, l'article en donne une description accompagnée d'une figure.

Convertisseurs synchrones américains (*Ind. élect.*, 25 octobre 1912, p. 469-472). — Les commutatrices ou convertisseurs synchrones sont d'un usage étendu en Amérique, où on les considère ordinairement comme les meilleurs appareils pour la transformation du courant alternatif en courant continu pour les installations qui doivent fonctionner avec un rendement élevé et pouvoir faire face à des surcharges prononcées. Les pulsations que l'on observa autrefois dans la marche des groupes convertisseurs synchrones provenaient des variations de vitesse périodiques des alternateurs-générateurs mêmes; elles sont éliminées avec les groupes électrogènes que l'on emploie aujourd'hui; elles peuvent d'ailleurs être corrigées au besoin à l'aide d'amortisseurs magnétiques, formés de simples bobines fermées en court circuit. — La question la plus intéressante dans le fonctionnement de ces machines est donc le réglage de la tension; elle a fait l'objet de travaux importants dont quelques-uns sont examinés dans l'article.

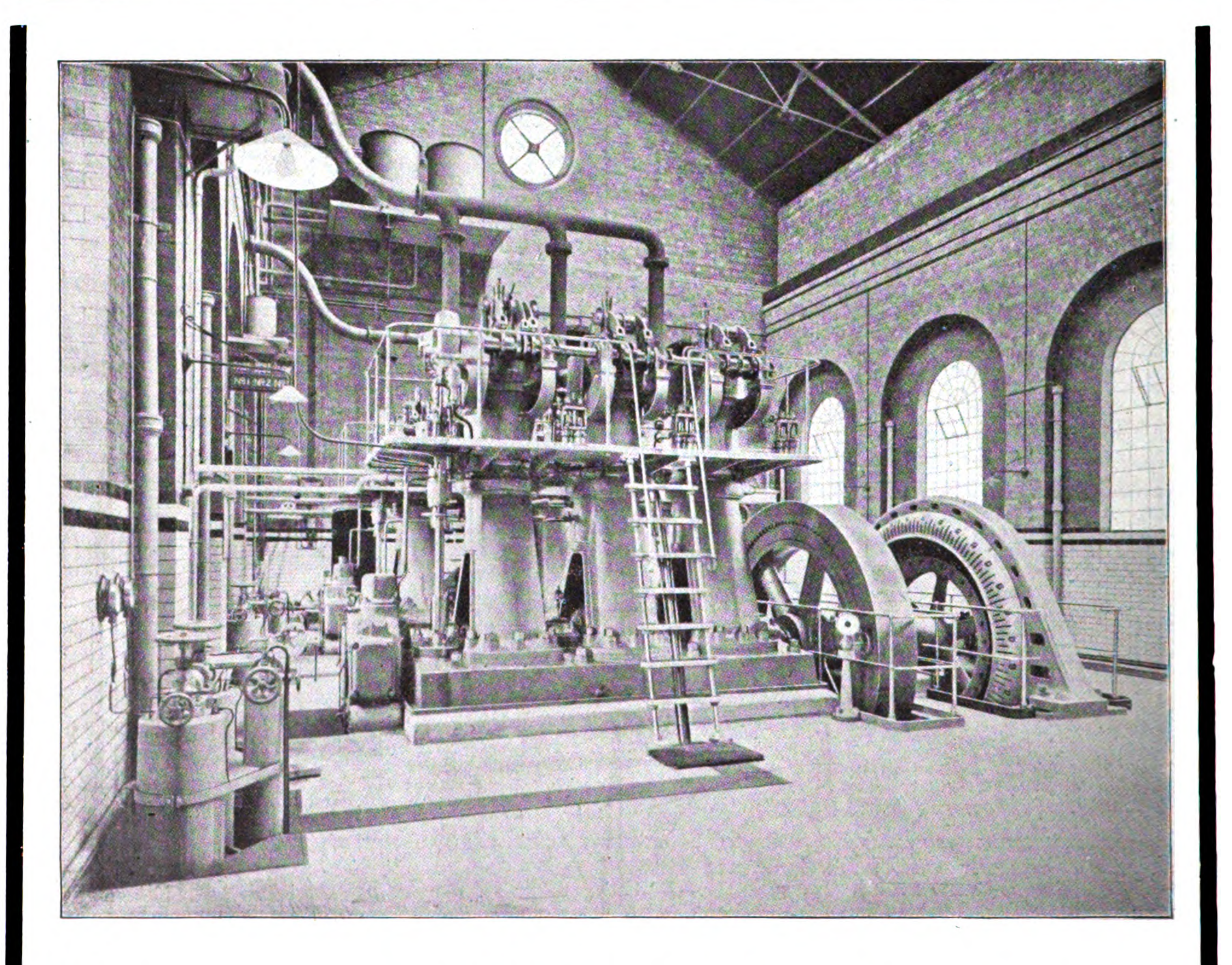
Usines d'électricité. — *Les usines génératrices du Witwatersrand, au Transvaal*; A. van der Ham (*E. T. Z.*, 9 janvier 1913 p. 25-27). — Sans reprendre *ab ovo* la genèse des sociétés qui se sont disputé le monopole de la fourniture de l'énergie électrique aux mines du Transvaal, nous indiquerons quel est l'état actuel de la question, en disant au préalable quelques mots du fameux projet d'utilisation des chutes Victoria sur le Zambèze, projet dont l'exécution est remise aux calendes grecques pour ne pas dire qu'il est tombé à l'eau. C'était, en effet, une entreprise bien séduisante, puisque la largeur totale du fleuve à l'endroit de la chute est de 1737 m; il y a en réalité plusieurs chutes séparées les unes des autres par des îles et des rochers, comme les îles de Boaruka et de Livingstone; elles sont appelées *Devils Cataract, Main Falls, Rainbow Falls, Eastern, Cataract*, etc. Cette masse énorme d'eau se précipite d'une hauteur de 115 m environ avec un grondement formidable, et se réunit dans un cirque de 60 à 90 m de largeur qui communique par un pertuis de 30 m de largeur avec le Grand Cañon. Ce dernier a un parcours très sinueux; il a 65 km de longueur, 152 m de largeur aux environs du pont du chemin de fer et 122 m de profondeur à l'étiage. Un sondage systématique n'a pas encore été fait; une société s'était constituée sous le nom de *Victoria Falls Power C° Ldt*, pour utiliser la puissance de la chute évaluée entre 300 000 et 600 000 chevaux, alors que les mines du Transvaal ne demandaient pas plus de 200 000 chevaux. D'après les projets des ingénieurs, la station génératrice devait être érigée au deuxième coude du Grand Cañon, et l'énergie transmise à 900 km sous forme de courant continu à 160 000 volts, d'après le système Thury. Ce sont d'ailleurs moins des raisons techniques que des raisons finan-

(1) Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.

USINES

CARELS FRÈRES

GAND, BELGIQUE.



Moteurs DIESEL

pour **Centrales Electriques** et pour **toutes Applications Industrielles.**

RÉFÉRENCES EN TOUS PAYS

Agents pour la France : **MM. PITOT & LEROY**, rue Lafayette, 44, **PARIS**

cières qui ont fait échouer le projet, car la société n'avait pas pu s'assurer, dès le début, une clientèle suffisante. Elle s'est donc rabattue sur les stations à vapeur, susceptibles aussi d'une bonne rémunération, étant donné le bas prix du charbon au Transvaal et, sous la nouvelle raison sociale : Victoria Falls and Transvaal Power C° Ltd, elle a commencé par acheter les centrales de Brakpan et Driehoek de 2500 et 3700 kw, tout en passant un marché avec la Vereeniging Estates Ltd, qui devait lui fournir le charbon, et en s'assurant le monopole de la fourniture de l'énergie électrique auprès des différentes sociétés minières. Tout semblait marcher à souhait, quand un concurrent s'est révélé en la personne de l'ingénieur W.-A. Harper, soutenu par l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. Grâce à des transactions financières, dont le détail n'occupe pas moins de deux colonnes de l'*E. T. Z.*, la Victoria Falls and Transvaal Power C° Ltd est restée seule concessionnaire avec sa filiale la Rand Mines Power Supply C°. Son avoir se compose des biens ci-dessous désignés : 1° un terrain presque circulaire de 9,25 km de diamètre au voisinage des chutes Victoria, concédé pour 75 ans; 2° une part du domaine Elandsfontein, n° 11 sur lequel est édifiée la station de Driehoek, 3700 kw; 3° une part du domaine Weltevreden n° 16, dans le district de Boksburg, concédé pour 85 ans. Sur ce domaine était érigée l'usine génératrice Brakpan de 2500 kw, qui a été démolie et remplacée par une usine de 6000 kw construite par l'A. E. G. (deux groupes turbo-dynamos de 3600 kw chacun); 4° une autre part de Elandsfontein n° 11, où se trouve l'usine de Simmerpan de 18 000 kw, construite par l'A. E. G. (quatre groupes turbo-dynamos de 3600 kw chacun et deux groupes de 4200 kw chacun); 5° une part du domaine Doornfontein n° 24. Ce terrain a été rétrocédé à la filiale Rand Mines Power Supply C° Ltd et l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft y a élevé l'usine génératrice de Rosherville produisant 50 000 kw électriques et 16 000 chevaux sous forme d'air comprimé. D'après les traités passés avec M. Harper, la Rand Mines Power Supply C° Ltd, doit exclusivement fournir l'énergie dont elles ont besoin à la Rand Mines Ltd et à la Eckstein et C°, avec un minimum annuel de 130 000 000 kw-h; il paraît qu'on a déjà souscrit pour 300 000 000 kw-h par an et pour une période de 20 années ; 6° une dernière part lui revient des domaines de Leeuvkuil n° 334 et Klipplaatsdrift, n° 336, dans le district de Heildelberg où est projetée une usine de 40 000 kw. En comptant cette dernière, la puissance totale dont disposent le consortium des deux sociétés est de 152 000 kw. Nous passons sous silence les sous-stations et les lignes de transmission qui sillonnent pour ainsi dire le Transvaal dans tous les sens. Jusqu'en janvier 1911, le kilowatt-heure était vendu 0,075 fr; de 1911 à octobre 1912, 0,05612 fr et à partir d'octobre 1912, 0,0525 fr. La Société d'électricité compte sur un facteur de charge d'au moins 70 pour 100. Les sociétés minières East Rand Proprietary Mines Ltd et Randfontein Estates Gold Mining C° Ltd ne sont pas reliées au réseau ci-dessus décrit; elles se fabriquent elles-mêmes leur électricité, la première pour 14 000 kw, la seconde pour 20 000 kw. Les deux tableaux suivants donnent une idée du développement de la force motrice électrique dans les mines d'or; l'un se réfère plus spécialement à la Victoria Falls and Transvaal Power C°, l'autre embrasse toute l'énergie employée au Witwatersrand.

Tableau I.

Années.	Kw-h fournis par Brakpan et Simmerpan.	Kw-h fournis par Driehokek.	Kw-h totaux fournis par V. F and Tr. P. C°.
1907....	7755116	13629784	21384900
1908....	10821279	16605417	27426696
1909....	37909915	16088644	53998559
1910....	84141704	11550953	95692657

Tableau II.

Années.	Nombre des génératrices.	Puissance totale des génératrices en kw.	Nombre des moteurs.	Puissance totale des moteurs en chevaux.
1903....	397	20027	724	17549
1904....	445	25264	1012	22326
1905....	493	33525	1375	30064
1906....	500	42431	1774	42601
1907....	513	54157	2059	47387
1908....	493	53997	2259	55933
1909....	516	75866	3022	76279

D'autres industries se développeront parallèlement au travail des mines, qui utiliseront l'énergie électrique. Citons déjà l'industrie de l'acier, amorcée par la Sout African Steel Corporation dont le but est de convertir en acier, dans des fours d'induction du système Héroult, les riblons de fer provenant des mines et d'exploiter ultérieurement les riches gisements de minerais de fer du Transvaal.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

Sur la résistance électrique entre un cristal et un corps métallique en contact par une surface plane; A. Vesely (*Phys. Zeits.*, 15 janvier 1913, p. 76-81). — Le présent article relate les nouvelles expériences effectuées pour établir l'influence de la pression et de la température sur la résistance mesurée. Pour les essais de pression, on utilisait des électrodes en plomb amalgamé qui étaient pressées contre le cristal au moyen d'une vis. On n'a pas constaté de minimum de résistance bien net dans toutes ces recherches. Toute augmentation de pression était toujours suivie, souvent après une certaine pause, d'une diminution de la résistance. Ainsi un cristal de sulfure de plomb a donné successivement $\rho = 0{,}00596$ ohm, puis $\rho = 0{,}00247$ ohm et après une pause, $\rho = 0{,}00223$. Si à partir de ce moment on continue à serrer encore de plus en plus, les résistances mesurées sont : 0,00213, 0,00211, 0,00207, et le dernier serrage donne 0,00215; c'est-à-dire un effet apparamment négatif; mais si l'on abandonne le cristal à lui-même pendant quelque temps, la résistance retombe à $\rho = 0{,}00192$ ohm et au bout de quelques jours à $\rho = 0{,}00155$ ohm. Après cela un enfonce encore davantage la vis et l'on constate encore un effet négatif, car $\rho = 0{,}00229$; mais un repos de quelques heures abaisse ρ à 0,00142 ohm. Un autre cristal de plomb soumis à la même série d'épreuves a finalement indiqué une résistance ρ de 0,00150 ohm. Mêmes observations avec une éprouvette constituée par un cylindre de pyrite; ρ varie de 0,00514 à 0,00228 ohm. D'après ces expériences, il semble bien que le minimum de résistance réalisable est fonction de la résistance à l'écrasement de la matière. — Pour étudier l'influence de la température, l'auteur a employé des contacts liquides, le plus souvent du mercure dans l'intervalle de $-38°$ à $+200°$. La résistivité du cristal de sulfure de plomb a monté depuis $\rho = 0{,}0072$ ohm pour 38° à $\rho = 0{,}0880$ ohm pour 104°. Dans cet intervalle la variation est assez bien représentée par la formule $\rho_t = 0{,}00156\,[1 + 0{,}00478\,(t' + 37{,}7)]$. Ramené à la température ordinaire, le cristal reprend à peu près sa résistance primitive. Ce même cristal abandonné environ 5 jours dans la cuve à mercure, puis le tout étant placé d'abord dans un mélange réfrigérent et de nouveau abandonné au réchauffement, on constate une diminution de la résistance suivant une loi exponentielle conformément à la relation de Kœnigsberger. — Les mesures effectuées sur la markassite ont présenté plus de difficultés à cause de l'altération rapide de sa surface; sa résistance décroît avec la température suivant une courbe parabolique. — En résumé, l'auteur a trouvé des nombres toujours inférieurs à ceux donnés par d'autres expérimentateurs; l'étude ici exposée présente une certaine incertitude parce qu'à la résistance propre du cristal s'ajoute une résistance de contact qui échappe à toute appréciation. Ce travail fait suite à celui de Streintz signalé dans la Littérature des périodiques du 12 juillet 1912.

Propriétés électriques de quelques vapeurs présentant des bandes d'absorption; F. Burger et J. Kœnigsberger (*Phys. Zeits.*, 15 décembre 1912, p. 1198-1199). — D'après la théorie de J. Stark les

spectres de bandes seraient dus à une séparation des électrons et que la recombinaison de ces derniers reproduit les spectres de raies. Kœnigsberger au contraire émis l'hypothèse que les bandes d'absorption résultent d'une dissociation chimique. En effectuant des expériences sur le brome et le peroxyde d'azote, les auteurs n'ont pas pu constater d'ionisation sensible de ces gaz, même sous l'action des radiations lumineuses qu'ils absorbent.

Les masses éclairantes de Righi sous l'effet d'une décharge entretenue par une tension alternative; Lavora Amaduzzi (*Phys. Zeits.* 15 décembre 1912, p. 1202-1206). — Les décharges électriques ont été l'objet des recherches les plus variées tant au point de vue de la tension que du milieu où elles éclatent, cependant on n'a pas encore entrepris d'expériences systématiques utilisant une tension alternative, abstraction faite de la décharge oscillante qui, par suite de son amortissement, n'est pas capable de donner un régime stationnaire correspondant à une permutation régulière de la polarité des électrodes. L'auteur a remarqué aussi, au cours de ses expériences, que les décharges présentent, outre la période non éclairante, une autre période variable qui précède le régime stationnaire et, comme celui-ci, est accompagnée de phénomènes lumineux. La tension de décharge était fournie par le secondaire d'une bobine d'induction de 50 cm d'étincelle; dans le circuit primaire étaient insérées des résistances et des self-inductions variables et l'on alimentait ce primaire par du courant alternatif à 110 volts et 42 p : s. Le vide, dans les tubes à décharge, variait entre 10 mm et 15 mm de mercure, et on l'obtenait avec une pompe à huile à deux cylindres. Le tube le plus employé avait 5 cm de diamètre et 1500 cm de longueur, l'écartement des électrodes pouvait varier entre 0 et 1400 cm, grâce à un dispositif spécial. Avec un écartement de 1400 cm et en diminuant progressivement la pression à partir de la pression atmosphérique, on voit : 1° une aigrette s'allongeant de plus en plus aux deux électrodes; 2° une lueur rougeâtre, faible et régulière, entre les deux pôles et une auréole violette aux pôles eux-mêmes; 3° à la pression de 14 mm de mercure apparaissent des taches rouge violet de 15 cm de longueur, isolées, séparées les unes des autres par des espaces obscurs et distribuées en chapelet entre les deux électrodes; 4° à la pression de 10 mm ces taches qui s'allongeaient en même temps que progressait le vide se sont fondues en une masse unique occupant tout le tube, sans toutefois atteindre les électrodes. L'auteur a étudié les conditions dans lesquelles se produisent et se maintiennent ces phénomènes. Par exemple, la pression restant constante, la longueur et le nombre des taches diminuent dès qu'on rapproche les électrodes; si même l'écart de celles-ci est moindre que la somme des longueurs d'une aigrette et d'une tache, celle-ci disparaît. Analysées au miroir tournant, les taches se montrent nettement dépendantes de la polarité; l'intensité de la traînée augmente de l'anode à la cathode, la partie tournée vers celle-ci paraît encore rouge violet, mais moins intense que la tache observée à l'œil nu. Naturellement un champ magnétique produit le même effet séparateur. Avec un interrupteur électrolytique inséré dans le primaire, les taches se présentent avec un étranglement au milieu; au miroir tournant elles n'offrent plus le même aspect que les premières décrites, mais on reconnaît toujours l'influence de la polarité. Quand on emploie des électrodes en charbon et qu'on diminue progressivement la pression, on retrouve toujours les phénomènes ci-dessus depuis les taches isolées jusqu'à leur fusion en un trait lumineux unique; mais si, à partir de cet instant, on entretient la décharge quelque temps, on voit les deux bouts du trait se souder aux électrodes et la couleur passe du rouge au gris. Pour un fonctionnement plus long encore, on voit apparaître aux deux pôles des languettes très fines et très brillantes dans l'axe du trait et ces languettes s'allongent jusqu'à se rejoindre et le tube apparaît illuminé d'une lumière blanche très intense. L'auteur ne cherche aucune interprétation à ces phénomènes; il se contente d'insister sur l'analogie qu'ils présentent avec ceux observés et signalés par Righi en 1891 et 1895.

Nouvelle détermination de la constante de la radiation; H.-B. Keene (Communication à la séance du 5 décembre 1912 de la Royal Society de Londres). — L'émetteur est un petit four de Heraeus porté à une température d'environ 1000°. Le récepteur presque parfait, consiste en un thermomètre à aniline avec un réservoir d'environ 2 l de capacité et un très petit orifice. La valeur moyenne obtenue pour la constante de la radiation est de $5{,}89.10^{-5}$ erg cm² sec. deg⁴.

Sur le phénomène de Hall dans l'antimoine; Jean Becquerel,

L. Matout et W. Wright (*C. R. Acad. des Sciences*, 10 février 1913, p. 463-466). — En étudiant le phénomène de Hall dans le bismuth cristallisé, l'un des auteurs, Jean Becquerel a reconnu antérieurement (*C. R. Acad. des Sciences*, 24 juin, p. 1795) que la force électromotrice de Hall est, à la température de l'air liquide beaucoup plus grande qu'à la température ordinaire, et est la résultante de deux effets qui suivent des lois différentes : l'un, de sens positif, varie proportionnellement au champ; l'autre, de sens négatif, atteint une saturation. Il importait de rechercher avec d'autres métaux si le phénomène de Hall est généralement la superposition de plusieurs effets de natures différentes. En opérant sur l'antimoine, les auteurs ont trouvé des résultats qui sont aussi singuliers que ceux présentés par le bismuth, mais différents et encore inexpliqués. — La méthode employée est celle de Hall : une lame d'antimoine de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur est traversée dans le sens de sa longueur par un courant de 1 à 2 ampères. On relie par un circuit contenant un galvanomètre sensible deux points situés transversalement et ayant le même potentiel, puis on mesure le courant transversal permanent qui prend naissance lorsqu'on produit un champ magnétique normal à la lame. Trois lames ont été étudiées; chacune d'elles a été plongée dans un bain de pétrole à la température du laboratoire, puis dans de l'air liquide. Ces lames étaient taillées différemment par rapport au clivage principal. — Les faits suivants ont été constatés : 1° l'effet Hall (de sens positif) est plus grand à basse température; 2° comme on devait s'y attendre, le phénomène dépend de l'orientation des cristaux dans le champ magnétique; 3° si l'on porte en abscisses les valeurs du champ et en ordonnées les différences de potentiel, on obtient des courbes se composant de deux droites reliées par une courbe à inflexion; une décomposition simple en deux ou plusieurs effets (comme celle qui est évidente dans le cas du bismuth) n'apparaît pas sur ces courbes.

Mouvement d'un corpuscule électrisé dans le champ d'un aimant élémentaire; Carl Störmer (*C. R. Acad. des Sciences*, 10 février 1913, p. 450-454). — L'auteur développe le calcul dans l'hypothèse où le corpuscule est en même temps soumis à l'action d'une force centrale émanant de l'aimant et inversement proportionnelle au carré de la distance.

Détermination du moment magnétique moléculaire par la théorie des quanta de Planck; St. Procopiu (*Bulletin de l'Académie roumaine*, 10 février 1913, p. 151-157). — W. Ritz explique les spectres de raies par la considération d'électrons qui oscillent dans un champ magnétique moléculaire constitué par de petits aimants, disposés en ligne, égaux entre eux et identiques pour tous les corps. Ces aimants élémentaires, sur lesquels Ritz n'insiste pas, correspondent au magnéton de P. Weiss, quantité élémentaire de magnétisme, ou plutôt sous-multiple commun de tous les moments magnétiques moléculaires connus. En rapprochant ces idées de Ritz et de Weiss de l'explication du magnétisme de Langevin, on peut s'imaginer ces magnétons comme des électrons qui tournent autour de la molécule comme la terre autour du Soleil. Partant de cette hypothèse, M. Procopiu arrive à une relation entre diverses grandeurs dont la charge élémentaire d'un électron et le moment magnétique d'un magnéton et il en tire la valeur du moment magnétique d'une molécule d'hydrogène; cette valeur concorde avec celle trouvée par Reinganum (*Ann. der Physik*, t. XXXVIII, 1912, p. 649) par une autre méthode. Aussi M. Procopiu conclut-il de son travail que la constitution admise ordinairement pour la molécule doit être compliquée encore par l'addition d'un nouveau nombre d'électrons de certaine espèce, nommés magnétons; le nombre de ces magnétons dans une molécule paraît devoir être assez grand et dépasser de beaucoup celui des autres sortes d'électrons.

Rotation magnétique et inversion de l'effet Zeeman dans la vapeur de mercure; H. Starke et J. Herweg (*Physik. Zeits.*, 1er janvier 1913, p. 1-5). — Les auteurs rappellent d'abord une expérience que A. Righi décrit de la manière suivante : Entre deux prismes de Nicol croisés on dispose un électro-aimant dont les pièces polaires sont perforées suivant leur axe (électro-aimant de Faraday); entre ces pièces polaires brûle une flamme chargée de sodium. Si l'on regarde suivant l'axe de l'électro une lampe à arc placée en avant du premier nicol, sa lumière est d'abord éteinte par les prismes croisées et l'on n'aperçoit que la faible clarté de la flamme sodée


Digitized by Google

mais dès que l'électro est excité, le champ d'observation paraît inondé d'une lumière jaune éblouissante. Corbino et Macaluso, en analysant la lumière émergente à l'aide d'un réseau très dispersif, ont montré que sa présence ne pouvait être expliquée que par une rotation anormale très intense du plan de polarisation au voisinage immédiat des raies D. En particulier, ils ont remarqué que, de chaque côté de ces raies, il se manifestait sous l'action du champ des bandes brillantes et obscures qui se déplaçaient soit en faisant varier l'intensité du champ, soit en faisant tourner l'analyseur. Une raie brillante apparaît là où la lumière a tourné de 90°, 270° etc., et une raie obscure là où elle a tourné d'un multiple entier de 180°. Les raies D de la flamme étaient si larges que leur dédoublement par effet Zeeman n'était pas perceptible. D'autres auteurs, Hallo, Geiger, von Wood et Ladenburg ont reproduit aussi ces expériences et constaté la rotation, dont W. Woigt avait déjà donné la théorie, complétée plus tard par Zeeman. Mais il y a encore un autre effet qui intervient dans l'expérience de Righi pour produire l'illumination; il a son origine, non plus dans le voisinage des raies d'absorption de la flamme exposée au champ, mais dans ces raies elles-mêmes; nous le désignerons par effet Righi pour le distinguer de l'effet dû à la rotation. C'est pour établir son existence contestée par plusieurs physiciens, notamment par M. W. Woigt, que les auteurs ont entrepris les expériences qu'ils rapportent. Ils résument leurs résultats de la façon suivante : 1° à l'exception des deux raies jaunes, toutes les raies de la vapeur de mercure incandescente donnent l'effet d'illumination observé dans les expériences de Righi. Cet effet ne saurait être attribué, comme pour la vapeur de sodium et d'autres métaux étudiés, à une rotation du plan de polarisation, mais a son siège dans les raies d'absorption elles-mêmes; 2° l'effet magnétique se remarque aussi très nettement dans les satellites de la raie verte; 3° cette raie verte du mercure et ses satellites montrent aussi le phénomène du renversement qui ne s'observe pas avec les raies jaunes; 4° l'émission de radiations jaunes par un arc au mercure croît avec la tension dans une proportion bien plus grande que l'émission verte ou bleue.

La façon dont le fer se comporte au point de vue photoélectrique à l'état passif et actif; H.-S. ALLEN (Communication à la séance du 5 décembre 1912 de la Royal Society de Londres). — Quand le fer est chimiquement actif, il présente une activité photo-électrique plus grande; à l'état passif, cette activité est fortement diminuée. Ce résultat concorde bien avec la théorie qui attribue la passivité à la condition de la couche gazeuse à la surface du métal.

Etude théorique sur les variations spontanées de concentration des solutions et des gaz; Th. SVEDBERG (*Phys. Zeits.*, 1er janvier 1913, p. 22-26). — D'après l'état actuel de nos connaissances expérimentales, il n'est possible de démontrer des variations spontanées de concentration que pour des solutions radioactives et des gaz.

Production directe des radiations Roentgen caractéristiques par les particules cathodiques; R.-T. BEATTY (Communication à la séance du 5 décembre 1912 de la Royal Society de Londres). — D'après l'auteur, 1° les rayons cathodiques sont capables de produire directement des rayons X caractéristiques; 2° les mécanismes atomiques qui rendent compte des radiations indépendantes et des radiations caractéristiques ne sont pas reliés ensemble.

Le spectre des radiations Roentgen fluorescentes; J.-C. CHAPMAN (Communication à la séance du 21 novembre de la Royal Society de Londres). — L'auteur a étudié des radiations appartenant aux groupes K et L au point de vue de leurs propriétés de rayons X. Il a mesuré l'absorption des diverses radiations des deux groupes par Cu, Ag et Pt. Dans tous les cas, les radiations qui subissent la même absorption dans Al sont également absorbées par tous les autres éléments.

La nature des rayons X et la structure réticulaire des corps cristallisés; Louis BRUNET (*Revue gén. des Sciences*, 15 février 1913, p. 101-103). — Tout l'édifice de la Cristallographie repose sur l'hypothèse, due à Bravais, que les particules constitutives de la molécule cristalline sont disposées aux nœuds d'un assemblage réticulaire. Cette hypothèse a reçu de l'expérience tant et de si éclatantes confirmations qu'elle règne aujourd'hui incontestée. D'autre part, les progrès réalisés en ces dernières années par les sciences physico-chimiques nous ont amené jusqu'à toucher du doigt les particules ultimes de la matière : la molécule et l'atome sont deve-

nues des réalités concrètes. Un progrès analogue s'annonce dans le domaine de la matière cristallisée. Trois savants allemands, MM. Laue, Friedrich et Knipping, viennent, en effet, de communiquer à l'Académie des Sciences de Bavière (*Sitz. der K. Bayer. Akad. der Wiss.*, 1912, p. 303-322 et 363-373) une série d'expériences qui ont abouti à la mise en évidence tangible de la structure réticulaire de la matière. Ce sont ces communications qui sont résumées dans l'article de M. L. Brunet. Ces recherches ont été entreprises en principe dans le but d'étudier la nature des rayons X. Si l'on admet que ces rayons sont constitués par des ondes électromagnétiques de très faible longueur d'onde ($\lambda = 10^{-9}$ cm), ils doivent être capables de pénétrer des molécules cristallines d'un ordre de grandeur voisin (10^{-8} cm), et de communiquer aux atomes une excitation produisant des vibrations libres ou forcées de l'assemblage réticulaire, susceptibles de donner lieu à des phénomènes d'interférence; en d'autres termes, de donner une image par diffraction du réseau de Bravais. Le réseau cristallin jouerait ici par rapport aux rayons de Roentgen à courtes ondes, le même rôle que le réseau de diffraction par rapport aux ondes longues de la lumière. Les expériences ont confirmé cette déduction. Elles montrent donc que le rayonnement secondaire dû aux atomes est bien de nature ondulatoire, ce qui entraîne à peu près obligatoirement la nature ondulatoire du rayonnement primaire, c'est-à-dire des rayons X; la seule différence entre les deux rayonnements consisterait, d'après M. Laue, en ce que les rayons primaires sont formés d'ondes d'impulsion non périodiques, tandis que les rayons secondaires présentent une certaine périodicité.

Similitude de nature des rayons X et des rayons γ primaires; J.-A. Gray (Communication à la séance du 21 novembre 1912 de la Royal Society de Londres). — L'auteur développe les trois points suivants : 1° Des expériences d'absorption montrent qu'il n'y a aucune différence fondamentale dans l'absorption des rayons X et des rayons γ; 2° les rayons γ primaires du radium E excitent les radiations caractéristiques (série K) de Ag, Sn, Ba, Ce, Pr et Nd, ce qui prouve leur similitude de nature avec les rayons X; 3° la dispersion des rayons γ primaires du radium E est probablement analogue en grandeur et en caractère avec celle des rayons X ordinaires.

La diffusion de l'uranium; G. von Hevesy et L. von Putnoky (*Phys. Zeits.*, 15 janvier 1913, p. 63-65). — Boltwood a trouvé que la transformation de l'uranium est accompagnée d'une émission de particules α deux fois plus grande que celle des autres produits de la série uranium-radium. Ce phénomène peut s'interpréter de deux manières, ou admettre que la destruction d'un atome d'uranium se produit avec émission de deux particules α ou concevoir l'existence d'un autre composé de vie moyenne relativement longue et émettant des rayons α, lequel composé viendrait s'intercaler entre l'uranium et l'uranium X. D'autre part, des expériences ont montré que ces deux rayonnements α ne commencent pas en même temps et que l'un a une portée de 4 mm supérieure à celle de l'autre; de là des raisons bien légitimes pour conclure à l'existence d'un autre élément dans la série de l'uranium, puisque la portée des rayons α est une propriété qui caractérise une substance radioactive. Cet élément, l'uranium II, a été caractérisé par Geiger et Nuttal à l'aide de la relation linéaire que ces physiciens ont établie entre la portée et la constante de radioactivité, c'est-à-dire qu'ils portent en abscisses les logarithmes des portées et en ordonnées les logarithmes des constantes de transformation. Ils trouvent ainsi que l'uranium II a une période de 2×10^6 années; celle de l'uranium I étant de 5×10^9 années, il en résulte que 2500 parties d'uranium commercial contiennent une partie d'uranium II, et que l'activité de celui-ci est 1250 fois plus forte que celle du premier. On voit donc tout l'intérêt qu'il y aurait à isoler l'uranium II. Pour y arriver, les auteurs se sont basés sur les résultats relatés page 67, c'est-à-dire qu'une transformation accomplie avec un rayonnement α fait perdre deux unités à la valence; donc uranium II doit avoir une valence autre et plus petite que uranium I et, par suite, un coefficient de diffusion plus grand, ce qui permettrait de séparer les deux substances. On a ainsi étudié la diffusion de l'azotate d'uranyle $UrO^2(AzO^3)^2$ formé de deux ions complexes bivalents et du sulfate uranique $Ur(SO^4)^2$ où Ur est tétravalent. Après diffusion, on analysait les couches



par une méthode chimique et une méthode radioactive, les deux ayant toujours donné des résultats concordants à 1 pour 100. Dans l'eau, une dissolution $\frac{1}{5}$ normale de $Ur^2 (AzO^3)^2$ a donné $D = 0{,}576$ cm² : jour et une dissolution $\frac{1}{6}$ normale de $Ur (SO^4)^2$, a donné $D = 0{,}480$: cm²: jour. Si la loi de variation de deux unités pour la valence est vraie, on devrait trouver entre ces deux constantes de diffusion une différence d'au moins 30 pour 100, alors que l'expérience donne 20 pour 100 seulement. L'auteur explique cette anomalie par le fait que la diffusion n'a pas eu lieu dans un excès d'anions et que la solution était encore trop concentrée pour produire une dissociation complète de $Ur (SO^4)^2$ en ions tétravalents, ce qui devait naturellement donner une constante D plus élevée. En résumé, ces résultats contradictoires semblent difficiles à interpréter, parce que, d'abord malgré les expériences de Geiger et Nuttal, l'existence de Ur II semble problématique et que sa position dans la série de l'uranium est inconnue. Cependant un certain nombre de circonstances semblent militer pour le placer entre Ur X et l'ionium, car Soddy n'est pas parvenu à déduire ce dernier corps du premier; alors Ur I serait hexavalent, et les transformations successives se feraient bien conformément à la loi des valences. L'observation montre de plus que chaque membre de la transformation jouit de qualités chimiques qui se séparent nettement de celles du terme précédent dont il est issu. Or, Ur X et Io qui, jusqu'ici, ont été placés à côté l'un de l'autre dans la chaîne de l'uranium ont bien les mêmes caractères chimiques ;l'auteur propose en conséquence le schéma suivant qui concilie toutes ces anomalies

$$\underset{6}{\mathrm{Ur\,I}} \xrightarrow{\alpha} \underset{4}{\mathrm{Ur\,X}} \xrightarrow{\beta} \underset{6}{\mathrm{Ur\,II}} \overset{\alpha}{—} \underset{4}{\mathrm{Io}} \rightarrow \underset{2}{\mathrm{Ra}}.$$

Décomposition de l'eau par les rayons α; William DUANE et Otto SCHEUER (*C. R. Acad. des Sciences*, 10 février 1913, p. 466-468). — Depuis que Giesel a découvert la décomposition de l'eau par les sels de radium (*Berliner Berichte*, 1902, p. 3605), ce phénomène a été l'objet de plusieurs recherches dont le résultat est que, suivant la méthode expérimentale et la nature des rayons utilisés, l'eau liquide est décomposée en hydrogène et oxygène ou hydrogène et eau oxygénée. Les auteurs ont cru dès lors nécessaire d'entreprendre une étude sur la décomposition de l'eau à l'état liquide, solide et gazeux par les rayons α en s'imposant certaines conditions expérimentales qu'ils décrivent et dont la principale est de réduire au minimum l'influence des rayons pénétrants β et γ. Les expériences sur l'eau liquide avaient une durée variant entre 3 à 7 semaines; celles sur la glace et la vapeur de 5 à 7 jours. Elles ont donné les résultats suivants.— Les rayons α décomposent l'eau, quel que soit son état, en hydrogène et oxygène. A l'état solide, à — 183°, le produit de décomposition est du gaz tonnant, tandis qu'à l'état liquide il y a d'abord de l'hydrogène en excès, l'oxygène formé en même temps se combinant en partie à l'eau pour former de l'eau oxygénée; celle-ci étant décomposée à son tour, il se dégage ensuite de l'oxygène en excès. A l'état gazeux, il y a aussi formation d'hydrogène en excès, et la proportion de cet hydrogène atteignait 50 pour 100 du volume total du gaz.— La quantité d'eau liquide décomposée est proportionnelle à l'intensité du rayonnement. Le nombre de molécules de gaz formé est de 6 pour 100 plus grand que le nombre d'ions que produiraient dans l'air les mêmes rayons α, dont la quantité d'énergie utilisée est 6,4 pour 100 de leur énergie disponible. Dans le cas de la glace et de la vapeur, le gaz formé restant pendant toute la durée de l'expérience sous l'action des rayons, la quantité de gaz formé était beaucoup plus faible, et il semble que ce résultat soit dû à la recombinaison de l'hydrogène et de l'oxygène sous l'action des rayons.

Absorption des rayons β du radium par des feuilles de papier; J.-A. GRAY (Communication faite à la séance du 21 novembre 1912 de la Royal Society de Londres). — Après avoir traversé une vingtaine de feuilles, les rayons deviennent de plus en plus absorbables; ils sont complètement arrêtés par 56 feuilles de papier. L'auteur en déduit que la loi exponentielle d'absorption des rayons β est seulement approximative.

Le pouvoir pénétrant des rayons γ du radium C; A.-S. RUSSELL

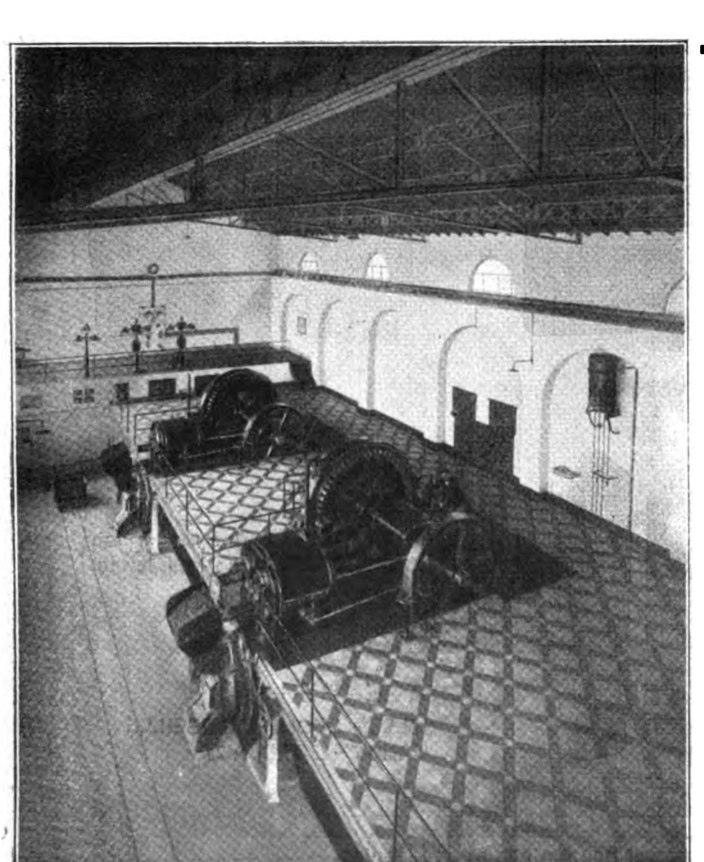
(Communication à la séance du 5 décembre 1912 de la Royal Society de Londres). — Les rayons γ du radium C sont absorbés par le mercure sur un intervalle d'épaisseur de 1 à 22,5 cm strictement suivant une loi exponentielle. La valeur moyenne de $\frac{\mu}{d}$ est $4{,}38.10^{-2}$. Sur cet intervalle, l'intensité diminue dans le rapport de 360 000 à 1. On n'a pu déceler de trace de radiation plus pénétrante que les rayons γ. S'il en existe et si elle est capable d'ioniser l'air, son intensité est moindre que 2.10^{-6} de celle du faisceau de rayons γ initial.

Les éléments radioactifs, le système périodique et la constitution de l'atome; A. van den Broek (*Phys. Zeits.*, 1er janvier 1913, p. 32-41).

La valence des éléments radioactifs; G. von Hevesy (*Phys. Zeits.*, 15 janvier 1912, p. 49-62). — Parmi les phénomènes qui se déroulent en dedans et en dehors de l'atome, nous ne connaissons aucune relation étroite entre ceux d'ordre chimique et d'ordre radioactif. L'établissement d'une telle relation n'aurait quelque chance de succès que si l'on arrivait à fixer, d'abord, la nature des rayons accompagnant la destruction de l'atome et, ensuite, la valence du radioélément produit. Pour résoudre ce dernier problème, l'auteur s'est adressé aux phénomènes de diffusion dont Nernst a démontré le mécanisme pour les électrolytes ionisés (*voir* Chwolson, t. IV, p. 217 et suivantes; l'auteur reproduit d'ailleurs dans son article tous les calculs). Nous rappellerons seulement que si la concentration d'une solution varie dans un sens quelconque, de bas en haut par exemple, sous l'influence de la pression osmotique, il s'effectue une diffusion, c'est-à-dire un déplacement des deux espèces d'ions dans le même sens. Mais, supposons que la vitesse du cation u soit supérieure à celle de l'anion v, il devrait y avoir séparation des ions de noms contraires; ce qu'on ne constate pas, parce que les ions $\overset{+}{H}$ en avance chargent les couches de la solution positivement, les ions Cl les chargent négativement, d'où naît une différence de potentiel compensatrice qui retarde les $\overset{+}{H}$ et accélère les $\overset{--}{Cl}$; finalement la diffusion, sous l'action combinée de la pression osmotique et du champ électrique compensateur, ne sépare pas les ions, qui se meuvent avec la même vitesse des endroits de plus forte concentration de la solutions vers ceux de concentration moindre Cette conception traduite analytiquement a conduit Nernst à la formule suivante

$$D_{18} = \frac{0{,}04485}{n} \, \frac{uv}{u+v}$$

où $D_{18°}$ représente le coefficient de diffusion à 18°, c'est-à-dire la quantité de matière qui traverse dans l'unité de temps (le jour) l'unité de section, quand la concentration varie de une unité sur une longueur de 1 cm; u et v sont les vitesses de déplacement respectives du cation et de l'anion en centimètres par seconde pour un champ 1 volt : cm. Quant à n, qui doit représenter la valence, sa valeur réelle est 1 parce que Nernst n'a donné sa théorie que pour les électrolytes monovalents et en supposant la dissociation complète. Cependant, il est facile de voir que la formule est générale, car en comparant les nombres relatifs de molécules-gramme diffusées dans le même temps pour NaCl, KCl, etc., et $BaCl^2$, $SrCl^2$, $MgCl^2$, etc., on trouve que ces derniers électrolytes donnent des nombres moitié moindres que les premiers; comme les mobilités des ions Ba, Sr et Mg sont sensiblement les mêmes que celles des ions K, Na, c'est donc que la lenteur de diffusion des halogènes bivalents est due précisément à leur valence plus élevée. Jusqu'ici, nous n'avons pas encore de relation entre la constante de diffusion d'un sel, $RaCl^2$ par exemple, et la mobilité et la valence de son cation seul; on l'aura en laissant le chlorure de radium se diffuser dans un chlorure en excès, tel que HCl; comme la force électrique règle la vitesse des ions proportionnellement à leur concentration, cette compensation n'existera plus pour l'ion Ra par suite du grand excès des ions Cl. On isolera, pour ainsi dire, la diffusion de l'ion du radium. Quelles doivent être les degrés de concentation relative des deux solutions. En reprenant le calcul comme pour le premier cas, l'auteur arrive à une formule donnant la constante de diffusion dans un excès d'anions et contenant le rapport $\frac{\gamma}{c}$ des concentrations HCl et $RaCl^2$ Or, pour $\frac{\gamma}{c} = 100$, on constate déjà que le



coefficient calculé diffère de moins de 2 pour 1000 du coefficient mesuré; mais, en réalité, il a opéré sur des solutions pour lesquelles $\frac{v}{c}$ est compris entre 10^7 et 10^{15}, c'est-à-dire est infini, et alors on a

$$\frac{D'}{D} = \frac{u+v}{2v}$$

D' étant le coefficient de diffusion dans HCl et D le coefficient déterminé par la première formule; en remplaçant D par sa valeur v, on a

$$D' = \frac{0{,}04485}{n} \times \frac{uv}{u+v} \frac{u+v}{2v} = 0{,}02242 \times \frac{u}{n}.$$

Telle est définitivement la relation cherchée, qui fera connaître la valence n quand on aura mesuré D et u. En acceptant pour la mobilité moyenne des cations le nombre 55,7 on aura pour la constante de diffusion des métaux, 1,25 pour les monovalents et 0,63 pour les bivalents. Dans une première série de mesures, l'auteur a déterminé les constantes de diffusion de 22 radioéléments et en a déterminé la valence par la relation $n = \frac{1{,}25}{D}$; dans une deuxième série, il a déterminé les mobilités d'un grand nombre de ces mêmes éléments et il en a encore tiré n par la formule $n = \frac{0{,}02245}{D} \times u$. Le Tableau ci-dessous donne quelques indications sur les nombres trouvés relativement à quelques substances radioactives :

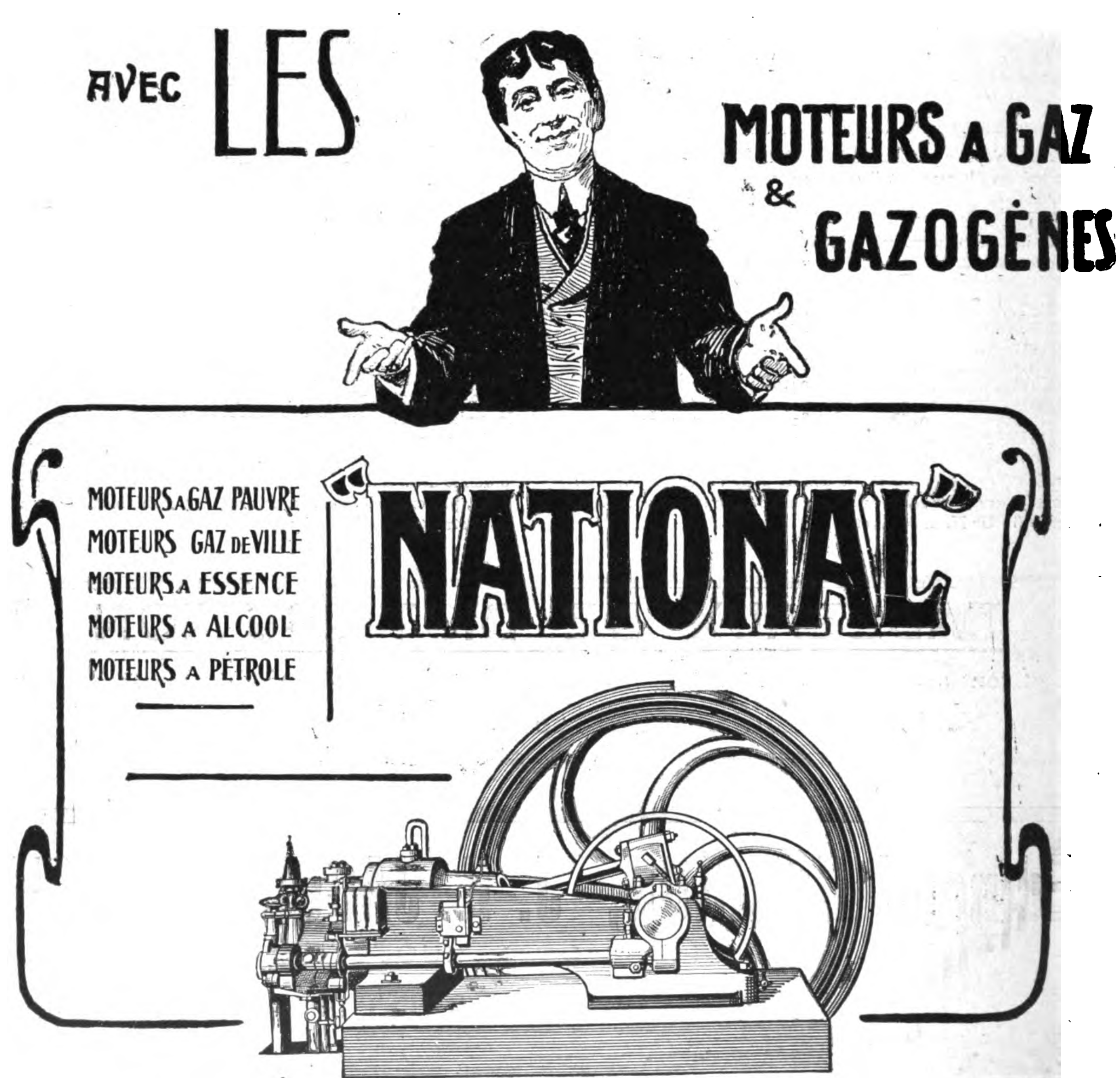
	D en cm² : jour.	u en 10^{-5} cm : s.	n (valence).
Ra.........	0,667	57,3	2 (1,91)
Th.X........	0,659	58,0	2 (1,96)
Act.X........	0,644	56,1	2 (1,88)
Th.B......	1,21	55,4	1 (1,11)
Th.C......	0,625	54,0	2 (1,93)
Ra C.......	0,625	54,5	2 (1,95)
Ra D.......	0,651	61,9	2 (2,11)
Ra E.......	0,646	61,9	2 (2,13)
Ra F.......	0,760	68,8	1 (2,02)

La méthode de la diffusion a donné, pour : l'ionium, $n = 4$; thorium, $n = 4$; Ur X, $n = 4$; et, d'après un autre article, Ur I, $n = 6$; Ur II, $n = 6$, etc.

Bredig ayant remarqué que la mobilité des ions, dans une solution infiniment diluée est proportionnelle à leur poids, il en résulte que, dans chaque colonne verticale du tableau périodique des éléments, la mobilité va en croissant avec le poids atomique. Cette loi permet de préciser le caractère chimique de Ra B et Act. B; puisque ces éléments émettent des ions monovalents, on peut les classer dans le groupe des métaux alcalins ou dans le groupe de l'argent et du thallium; la première classification exigerait que Th B ait une vitesse supérieure à $68{,}2 \times 10^{-5}$ qui est celle du cæsium donc, c'est le second groupe qui convient; comme, en particulier, le Th B possède un grand nombre de propriétés du plomb, nous le rangerons définitivement entre le mercure et le thallium. En possession de la valence de 22 éléments radioactifs, est-il possible de trouver une relation entre la valence de l'élément résultant de la destruction de l'atome et la nature de la charge qui accompagne la transformation? L'auteur réserve ses conclusions, c'est-à-dire ne veut pas les généraliser, parce que : 1° l'expérience lui a démontré que la valence n'est pas une grandeur constante comme le poids atomique, qu'elle dépend, entre autres conditions extérieures, de la nature de l'élément avec lequel la substance radioactive est combinée ; n'ayant étudié que des chlorures, il se peut fort bien que les valences trouvées ne soient pas celles qui se rencontrent le plus souvent; parce que, 2° nos connaissances sur la succession des transformations radioactives sont encore insuffisantes; en effet, tout récemment encore (*La Revue électrique*, 6 décembre 1912, p. 503), Fajans a montré que Ra C donnait en se détruisant deux produits Ra C' et Ra C'', le premier se plaçant entre Ra C, et Ra D de valence connue, la sienne, au contraire, étant inconnue en sorte qu'il est difficile de conclure, pour ce cas particulier, dans quelle proportion l'émission de particules α influence la valence de l'atome résultant. Mais, pour les cas étudiés ci-dessus, la valence d'un produit provenant d'une décomposition avec émission de rayons α diffère de deux unités en moins de celle de la substance mère, tandis qu'une transformation avec rayonnement β donne deux unités en plus de la valeur de la substance mère; voici, par exemple, quel serait très vraisemblablement le schéma de destruction de l'uranium

Vous aurez toujours satisfaction

Cie Fse des Moteurs à Gaz "NATIONAL"
138, Boul^d Richard Lenoir, PARIS



SIMPLICITÉ ÉCONOMIE ROBUSTESSE

Publicité Industrielle ARTUS Paris

$$\underset{6}{\mathrm{Ur\,I}} \xrightarrow{\alpha} \underset{4}{\mathrm{Ur\,X}} \xrightarrow{\beta} \underset{6}{\mathrm{Ur\,II}} \xrightarrow{\alpha} \underset{4}{\mathrm{I_0}} \xrightarrow{\alpha} \underset{2}{\mathrm{Ra}} \xrightarrow{\alpha+\beta} \underset{0}{\mathrm{Ra\,Eman.}}$$

La série du thorium présente les mêmes caractères, mais si l'on considère la série commençant à l'émanation de valence 0, soit du radium, soit du thorium, on constate que la destruction avec émission α augmente cette fois la valence du dépôt résultant de deux unités, alors que l'émission β la diminue d'une unité. A titre de curiosité, nous reproduisons encore le schéma de la désintégration atomique en partant de l'émanation du radium.

$$\underset{0}{\mathrm{Ra\,Em}} \xrightarrow{\alpha} \underset{2}{\mathrm{Ra\,A}} \xrightarrow{\alpha} \underset{4}{\mathrm{Ra\,B}} \xrightarrow{\beta}$$

$$\underset{3}{\mathrm{Ra\,C}} \begin{cases} \xrightarrow{\alpha} \underset{5}{\mathrm{Ra\,C_1}} \\ \xrightarrow{\beta} \underset{2}{\mathrm{Ra\,C_2}} - \underset{4}{\mathrm{Ra\,D}} \xrightarrow{\beta} \underset{3}{\mathrm{Ra\,E}} \xrightarrow{\beta} \underset{2}{\mathrm{Ra\,F}} \xrightarrow{\alpha} \underset{4}{\mathrm{Ra\,C.}} \end{cases}$$

Contre cette attribution des valences, on peut objecter que l'auteur a trouvé dans les solutions des produits « B » des ions monovalents, et dans les solutions du produit Ra D, des ions bivalents ; mais cette anomalie se présente avec Pb qui est bivalent dans $Pb\,Cl^2$ et tétravalent dans $Pb\,O^2$, et cependant les propriétés de $Pb\,Cl^2$ nous obligent à classer le plomb dans la quatrième colonne verticale du Tableau périodique. Le bismuth est aussi tri et pentavalent et rangé dans la cinquième colonne. C'est donc par suite de leurs propriétés, qui sont, pour Ra D, voisines de celles du plomb et pour les « B » voisines de celles du thallium et du plomb, que nous plaçons ces éléments dans la quatrième colonne verticale. Enfin, la transformation effectuée avec rayonnement α a pour l'atome les mêmes conséquences que la réduction d'un ion polyvalent en un autre de valence moindre, comme, par exemple, la réduction d'un ion ferrique en un ion ferreux. Elle augmente aussi le caractère électropositif de l'atome restant.

La foudre globulaire (*Industrie électrique*, 25 janvier 1913, p. 26). — Dans le *Philosophical Magazine*, M. W.-M. Thornton a donné une explication simple de la foudre globulaire. La foudre globulaire descend lentement d'un nuage, généralement après un violent coup de tonnerre, sous la forme d'une boule lumineuse bleuâtre; elle rebondit sur le sol, lorsqu'elle le touche, puis se déplace encore quelques mètres horizontalement. Ces boules suivent volontiers un conducteur électrique, par exemple une conduite de gaz; elles éclatent lorsqu'elles entrent en contact avec l'eau; cependant, l'explosion se produit aussi quelquefois en l'air. La boule disparaît alors instantanément en produisant une violente déflagration, qui peut causer des dégâts importants et qui dégage une forte odeur d'ozone. La foudre globulaire possède donc une très forte réserve d'énergie, mais non toutefois sous la forme d'une charge superficielle, car celle-ci se dissiperait rapidement pendant le chemin relativement long que la boule parcourt dans l'air humide. — Thornton prétend que si l'on tient compte de toutes les circonstances qui jouent un rôle dans la formation de ces boules, la foudre globulaire ne peut contenir autre chose que les gaz de l'atmosphère. Comme le globe lumineux a une teinte bleuâtre et qu'il est plus lourd que l'air, c'est principalement l'ozone qui entre dans sa constitution. Il est bien connu que l'ozone se transforme facilement en oxygène, et il est naturel d'attribuer la disparition instantanée de la boule incandescente à la transformation soudaine de l'ozone en oxygène; en outre, l'énorme quantité d'énergie qui est libérée par cette transformation explique d'une manière tout à fait satisfaisante l'explosion qui fait sauter la boule. — Comme on le voit, la supposition que la foudre globulaire se compose d'ozone est en concordance parfaite avec les résultats des observations. Il reste seulement à prouver la possibilité de la formation d'une grande quantité d'ozone pendant un orage. Cette preuve est toute trouvée, si l'on compare les phénomènes analogues qui se produisent avec les décharges d'une pointe, et Thornton montre que lorsque, à l'extrémité d'un nuage, duquel vient de partir un éclair, la tension est presque suffisante, mais toutefois ne parvient pas à produire une nouvelle décharge, il doit exister pendant un certain temps une ionisation à grande échelle avec forte production d'ozone. Lorsque ce gaz a atteint un certain volume, la boule se forme; elle est chassée du nuage et descend sur la terre.

BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin (H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.), 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

16548/373719. Maury. — Appareil destiné à assurer le secret des communications dans la télégraphie avec ou sans fil, 14 décembre 1911.

16566/418663. Jégou. — Récepteur pour signaux horaires hertziens et messages radiotélégraphiques, 5 octobre 1912.

449154. Société anonyme Le carbone. — Balai pour machines électriques, 15 décembre 1911.

449050. Tirrill. — Régulateur pour circuits électriques, 4 octobre 1912.

449078. Ragoen. — Relais perfectionné commandé par un appareil de mesure électrique, 5 octobre 1912.

448990. Société G. Schanzenbach et Cº. — Appareil servant à soulager les câbles de support de lampes à arc, 27 septembre 1912.

449170. Lucas. — Lampe à incandescence à filament de carbone ou métallique affectant la forme d'une calotte sphérique, 9 octobre 1912.

16552-448884. Société internationale de Lumière froide. — Système d'éclairage, 21 mars 1912.

449229. Société automatic electric Cº. — Système téléphonique à conversations taxées, 29 mai 1912.

449230.

449234. Société automatic electric Cº. — Système téléphonique, 12 et 27 juin 1912.

449294. Kurz. — Embouchure hygiénique pour téléphones, 28 septembre 1912.

449357. Girardeau. — Antenne destinée aux postes radiotélégraphiques munis d'alternateurs à haute fréquence, 12 octobre 1912.

449385. Goth. — Mode de transmission de signaux électriques par câbles, 14 octobre 1912.

449355. Siemens Schuckert Werke. — Couplage Léonard pour le réglage du nombre de tours des moteurs à courant continu en dépendance aussi univoque que possible de la position du levier de commande, 12 octobre 1912.

449414. Société anonyme S. T. A. R. — Nouvelle machine électrique et ses applications, 21 décembre 1911.

449246. Société J. B. M. Electric Cº. — Appareil de réglage électrique pour circuits de travail et autres, 20 août 1912.

449336. De Stéfani. — Dispositif permettant d'effectuer la décharge des surtensions qui peuvent se produire dans les lignes électriques, 11 octobre 1912.

449389. Scheinig. — Interrupteur à fiche, 14 octobre 1912.

449449. Szilard. — Électromètre à spiral, 15 octobre 1912.

449305. Lilienfeld. — Procédé et dispositif pour engendrer en service continu des rayons X de dureté facultative, etc. 8 octobre 1912.

449337. Moller. — Procédé et appareil pour la captation électrique de corps en suspension dans les fluides isolants et particulièrement dans les gaz, 31 juillet 1912.

449475. Jacoviello. — Dispositif pour transférer l'énergie d'un oscillateur électrique à un autre oscillateur au moyen de l'excitation produite par la décharge.

449339. Valensi. — Mode de montage des filaments des lampes électriques à incandescence évitant l'extinction complète de la lampe dans le cas d'une rupture du filament, 11 octobre 1912.

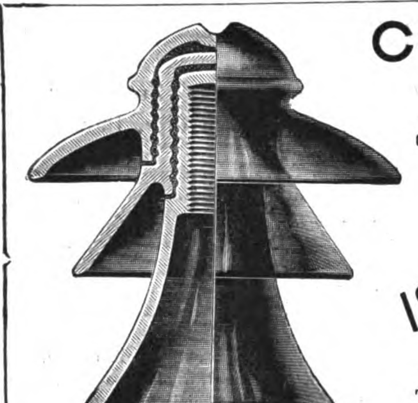
449396. Hoppock et Melle Stout. — Perfectionnements aux commutateurs pour lampes électriques, 14 octobre 1912.

449433. Boiron. — Bras extensible perfectionné formant support de lampe électrique à incandescence, 15 octobre 1912.

449648. Société Le matériel téléphonique. — Perfectionnements dans les systèmes de contrôle pour commutateurs automatiques, 21 octobre 1912.

449635. Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est. — Procédé de stabilisation des moteurs série triphasés aux vitesses inférieures, 21 octobre 1912.

449636. Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est. — Perfectionnements dans la commutation au démarrage des moteurs à collecteur, 21 octobre 1912.



CHARBONNEAUX & Cie

Verreries de Reims

FOURNISSEURS des POSTES et TÉLÉGRAPHES
et des Grandes Sociétés d'Électricité
Teléphone 198

ISOLATEURS EN VERRE "SPÉCIAL" DES VERRERIES DE REIMS

Pour Basses et Hautes Tensions

LABORATOIRE D'ESSAIS ÉLECTRIQUES A L'USINE
Transformateur à 200.000 volts

AGENT A PARIS :
H. PARADIS.
26, rue du Rocher.
Téléph. 593-59

RÉPARATIONS
TRANSFORMATIONS

LOCATION
ACHAT - ÉCHANGE

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE NEUF et D'OCCASION

Cie UNIVERSEL ÉLECTRIC. — Etablissements ROULLAND Fres (A. et M.) (ESEP)

35, Rue de Bagnolet - PARIS — *Télégr. :* Unilectric - *Téléph. :* 929-19

DEMANDER NOTRE CATALOGUE CONTINU ET ALTERNATIF

Cie Gle D'ÉLECTRICITÉ DE CREIL

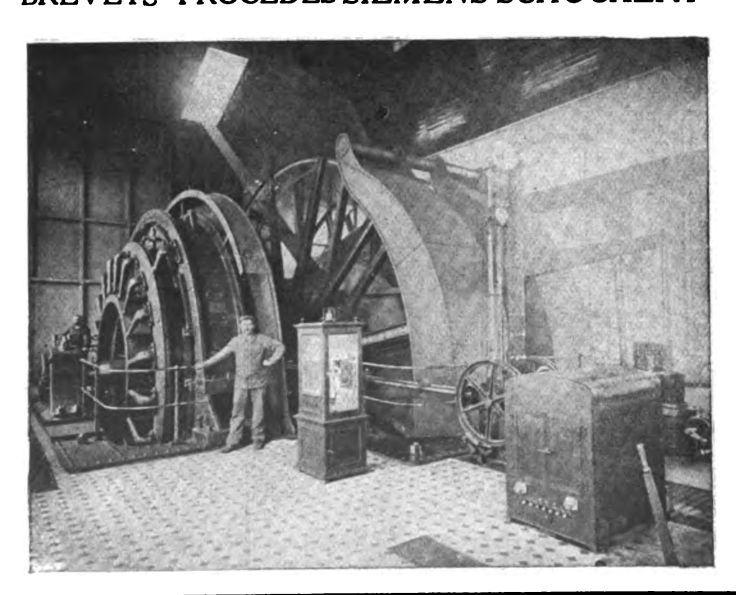
Société Anonyme. Capital 3.800.000 frs.

Siège Social :
PARIS
19, rue Louis-le-Grand

Seule Concessionnaire pour la France et les Colonies des BREVETS et PROCÉDÉS *SIEMENS-SCHUCKERT*

Usines :
A CREIL
(Oise)

MATÉRIEL
A COURANT CONTINU ET ALTERNATIF
MONO- ET POLYPHASÉ
DE TOUTES PUISSANCES
MATÉRIEL POUR MINES



TRANSPORT D'ÉNERGIE
STATIONS CENTRALES — TRACTION
APPAREILS DE LEVAGE
MACHINES D'EXTRACTION — LAMINOIRS
COMPTEURS — LAMPES A ARC, ETC.

449651. **Henrion.** — Perfectionnements aux automobiles consistant à les munir d'une dynamo donnant à la fois du courant continu et du courant alternatif, 21 octobre 1912.

449512. **Tirrill.** — Dispositif de régulation pour circuits électriques, 3 octobre 1912.

449513. **Tirrill.** — Perfectionnements apportés aux régulateurs d'électricité, 3 octobre 1912.

449580. **Meirowsky et Cº.** — Isolateur électrique de traversée, 18 octobre 1912.

449581. **Meirowski et Cº.** — Procédé de fabrication de résistances dans lesquelles le mica constitue la manière isolante, 18 octobre 1912.

449586. **Société Stotz et Cº.** — Fiche creuse à fente longitudinale latérale pour prises de courant électrique par pénétration.

449610. **Gaulier.** — Transformateur électrique à double bobine 19 octobre 1912.

449564. **Lemoine.** — Réflecteur de lampe électrique lequel peut s'adapter à toute espèce de lampe électrique ou non, 26 décembre 1911.

449595. **Fort.** — Procédé pour colorer le verre des lampes électriques, 18 octobre 1912.

449702. **Esquerré.** — Appareil d'éclairage électrique diffuseur de lumière dorée, 23 octobre 1912.

449505. **Société des Établissements Arbel.** — Console-support en tôle d'acier emboutie pour fils de trolley de tramways électriques, 26 septembre 1912.

449706. **Schneider et Cie.** — Dispositif d'accouplement des moteurs électriques sur les roues d'un véhicule, 29 décembre 1911.

449784. **Rottgardt.** — Procédé pour la production d'oscillations à haute fréquence, 7 octobre 1912.

449787. **Louet et Oggero.** — Appareil à l'usage du téléphone ayant pour but d'isoler l'oreille contre les malpropreté des récepteurs, 10 octobre 1912.

449789. **Casanova.** — Appareil portatif permettant le montage et l'élévation des éléments d'un mât pouvant servir à la télégraphie sans fil, 3 janvier 1912.

449888. **Pellin.** — Récepteur radiotélégraphique, 26 octobre 1912.

449718. **Routin.** — Accouplement électrique, 30 décembre 1911.

449719. **Routin.** — Servo-moteur électrique contrôlé, 30 décembre 1911.

449821. **Ljungstrom.** — Dispositif de refroidissement pour enroulement de magnéto, 24 octobre 1912.

449838. **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — Dispositif d'amélioration de la commutation des moteurs monophasés, 25 octobre 1912.

449708. **Farnoux.** — Dispositif de suspension et de protection des conducteurs électriques à haute tension, 29 décembre 1911.

449751. **Mowrer.** — Cheville de contact pour prises de courant ou analogues, 24 octobre 1912.

449753. **Young.** — Appareil pour mélanger des courants électriques, 24 octobre 1912.

449757. **Société Automatic Electric Cº.** — Dispositif protecteur de ligne électrique, 29 juillet 1912.

449839. **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — Perfectionnements aux transformateurs de voltage en courant continu, 25 octobre 1912.

449840. **Compagnie générale Radiotélégraphique.** — Dispositif pour la fermeture et l'ouverture alternatives d'un circuit électrique, 25 octobre 1912.

449842. **Société Le Matériel téléphonique.** — Perfectionnements dans les relais électriques, 25 octobre 1912.

449878. **Carangelo.** — Commutateur pour groupes de lampes, 26 octobre 1912.

449893. **Société E. Picard et Lebas.** — Bouton interrupteur à épaisseur réduite pour sonneries et autres applications électriques, 26 octobre 1912.

449223. **Schmidt.** — Roulette isolante, 28 octobre 1912.

449822. **Marino.** — Procédé de préparation d'électrolytes destinés à être employés pour le dépôt d'un métal ou d'un alliage métallique, 24 octobre 1912.

449860. **Société Helfenstein Electrodengesellschaft m. b. H.** — Fours à induction, 8 juin 1912.

449795. **Compagnie internationale pour l'exploitation des brevets Lelios.** — Lampes à incandescence, 19 octobre 1912.

450124. **Schaefer.** — Sourdine pour ligne télégraphique ou téléphonique, 4 novembre 1912.

450211. Combinaison en un seul et même appareil d'un détecteur d'ondes et d'un récepteur téléphonique pour la réception au son des ondes électriques, 7 novembre 1912.

Inventeurs

Rien n'est plus *délicat* et n'exige plus de soins *éclairés* et *consciencieux* que la prise, la surveillance et la défense des

Brevets d'Invention

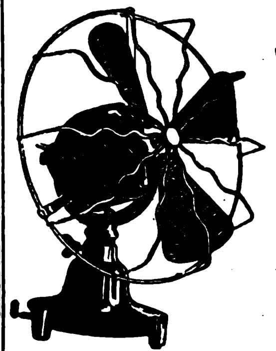
Vous serez *bien conseillés, personnellement,* par

G. PROTTE

Ingénieur des Arts et Manufactures
Conseil en matière de Propriété Industrielle

58, Bd de Strasbourg
PARIS
Tél. 420-15

Renseignements et références sur demande



Construction soignée

ELECTROTECHNISCHE MECHANISCHE INDUSTRIE — UTRECHT (Hollande)

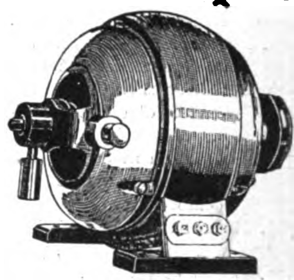
VENTILATEURS -- PETITS MOTEURS ÉLECTRIQUES

E. M. I.

RANDEGGER
Agent général.

188, Boulevard Voltaire, Paris

Catalogue sur demande



Fortes remises

GÉNÉRATEURS MULTITUBULAIRES

"NICLAUSSE"

pour toutes applications

3.000.000 DE CHEVAUX en fonctionnement

PERFECTIONNEMENT IMPORTANT

par l'alimentation spéciale en eau épurée automatiquement et à haute température des tubes les plus exposés à l'intensité de la chaleur du foyer.

ÉCONOMIE DE COMBUSTIBLE ET D'ENTRETIEN — DURÉE PROLONGÉE

FOYERS AUTOMATIQUES système Niclausse brûlant tous les combustibles

SURCHAUFFEURS - VENTILATEURS - COMPRESSEURS

TUYAUTERIE DE VAPEUR pour haute pression et haute surchauffe

Téléphone interurbain
Première ligne : 415-01
Deuxième ligne : 415-02

J.O & A. NICLAUSSE
Société des Générateurs Inexplosibles "Brevets Niclausse"
24, Rue des Ardennes, 24 — PARIS

Adresse télégraphique :
GÉNÉRATEUR-PARIS

Nouvelles Sociétés. — *Compagnie de production et de distribution d'énergie.* — Siège social : 7, place Lévis, à Paris. Capital social : 20 000 fr.

Société de distribution d'électricité de l'Est. — Siège social : 41, rue de Provence. Capital social : 2 000 000 fr.

Société électrique de Montlouis. — Siège : Montlouis. Durée : 40 années. Capital : 75 000 fr.

Société sarthoise d'éclairage et de force par l'électricité. — Siège social provisoire : à l'Aulne, commune de Montreuil-le-Chétif, arrondissement de Mamers. Durée : 50 années. Capital social : 250 000 fr.

Société en nom collectif C. Demoly et M. Martinot, appareillage électrique. — Siège social : 44, rue Saint-Lazare, Paris. Durée : 20 ans. Capital : 30 000 fr.

Société générale d'exploitation des accumulateurs Sedneff. — Siège social : 57, chaussée d'Antin, Paris.

Société anonyme française de la dynamo Farelec. — Siège social : 90, boulevard Ménilmontant, Paris.

Société anonyme dite « Ateliers de constructions électriques de Delle » (procédés Sprecher et Schuh). — Siège social : 24, boulevard des Capucines, Paris. Durée : 90 ans. Capital : 1 200 000 fr.

Société en nom collectif Mailles, Raffin, Garin et Pupier (Comptoir industriel, construction d'usines métallurgiques ou électriques). Siège social : 20, rue du Coin, Saint-Étienne. Durée : 15 ans. Capital : 105 000 fr.

Société en nom collectif Seiler et Cie, fabrication d'appareils d'éclairage. — Siège social : 5 et 5 *bis*, rue des Haudriettes, Paris. Durée : 20 ans. Capital : 50 000 fr.

Etablissements Ch. Lefebvre et Cie. — Siège social : 105, rue Saint-Lazare. Capital : 4 000 000 fr.

Société électrique de Saint-Priest et extensions. — Siège social : Saint-Priest. Durée : 40 années. Capital : 50 000 fr.

Société alsacienne de constructions mécaniques à Belfort. — Siège social : Belfort (territoire de Belfort). Durée : 99 ans. Capital : 20 000 000 fr.

Modifications de Sociétés. — *Société coopérative de Rugles et la Canalisation électrique réunis* 29, rue de Londres, Paris.

Modifications aux statuts de la Société Carpentier, Rivière et Cie 11-13, rue de Belzunce, Paris. La société devient Armand, D. Rivière et Cie (Anciens établissements Carpentier, Rivière et Cie).

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Guyotville (Algérie). — La municipalité serait décidée, en principe, à faire installer l'éclairage électrique dans la commune.

Auvillars (Tarn-et-Garonne). — On annonce que M. Bavoisé aurait obtenu la concession des travaux d'installation de l'électricité.

Remondans (Doubs). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans la commune.

Jabreilles (Haute-Vienne). — Une enquête va être ouverte sur le projet de concession de la distribution d'énergie et de l'éclairage électrique dans la localité.

Saint-Germain-le-Vasson (Calvados). — La Société des mines de Barbery a paraît-il, été autorisée à établir une canalisation d'énergie électrique en vue de l'éclairage public et gratuit de la commune.

Espalais (Tarn-et-Garonne). — Le Conseil municipal aurait décidé de faire installer l'éclairage électrique dans la commune.

Thorame-Haute (Basses-Alpes). — Le maire vient, dit-on, de passer un contrat avec M. Jauffred pour l'éclairage électrique.

Saint-Rome-de-Tarn (Aveyron). — L'éclairage électrique serait installé sous peu dans la commune.

Rambouillet (Seine-et-Oise). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans cette ville.

Saint-Pierre-Eglise (Manche). — La municipalité aurait approuvé la proposition de l'usine à gaz de Cherbourg pour l'installation de l'éclairage électrique dans la commune.

Bagnol-sur-Cèze (Gard). — Il est question, paraît-il, d'installer l'éclairage électrique dans cette commune.

Messeix (Puy-de-Dôme). — On annonce que l'éclairage électrique sera fourni par la Société des houillères de Messeix.

Cluny (Saône-et-Loire). — Le maire aurait reçu deux demandes de concession pour l'éclairage électrique.

Montréal-du-Gers (Gers). — La Société électrique de Valence-sur-Baise doit, paraît-il, présenter une demande de concession pour l'éclairage électrique de la ville.

Mantes (Seine-et-Oise). — Une enquête serait ouverte sur le projet de distribution d'énergie électrique.

Wattignies (Nord). — Une Commission municipale aurait été chargée d'étudier la question de l'éclairage électrique dans la commune.

Creil (Oise). — Il serait question de faire installer l'éclairage et l'énergie électrique dans la ville.

Saint-Sulpice-Laurière (Haute-Vienne). — Une enquête serait ouverte sur la demande de concession d'éclairage électrique et de distribution d'énergie électrique présentée par M. Méniaud.

Origny-Sainte-Benoite (Aisne). — La municipalité aurait accepté en principe les propositions du directeur des Ciments d'Origny pour la fourniture de l'énergie électrique.

Marcenay (Côte-d'Or). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans la commune.

Verrey-sous-Salmaize (Côte-d'Or). L'éclairage électrique va, paraît-il, être installé dans les rues de la commune.

Constantine (Algérie). — Le contrat avec la Compagnie du Gaz expire en 1920. Le maire prévient qu'il recevra jusqu'au 1er janvier 1914 les offres que les personnes ou Sociétés jugeraient utile de lui faire parvenir. Ces offres comporteront l'éclairage au gaz et l'éclairage électrique assurés par une ou deux Sociétés différentes.

Divers.

Union Internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local. — Le Comité de direction s'est réuni, à Bruxelles, le 1er février, pour examiner plusieurs questions et entre autres pour pourvoir au remplacement du secrétaire général, décédé il y a quelques mois. Le choix du Comité s'est porté sur M. Henri Camp, ingénieur, lequel est entré en fonction le 1er février.

Société des Ingénieurs civils. — Sur la proposition du Bureau il a été décidé d'organiser cette année, à l'occasion de l'Exposition de Gand, une excursion dans cette ville, excursion qui se complètera par un voyage en Hollande.

D'une durée de 8 jours, ce voyage permettra, en partant probablement le samedi 5 juillet, de visiter d'abord l'Exposition de Gand, puis Rotterdam, La Haye, Amsterdam, ainsi que les grands établissements industriels et les travaux importants de cette région.

Royal Institute of Public Wealth. — L'Institut royal de l'hygiène publique doit tenir son prochain Congrès à Paris, dans l'hôtel de la Société des Ingénieurs civils, les 15, 16 et 17 mai prochains. La Société des Ingénieurs civils a délégué MM. Lamy, Marboutin et Fichet pour la représenter dans la 5e section de ce Congrès, section qui doit s'occuper de l'hygiène industrielle.

Association Française pour l'Avancement des Sciences. — Le programme général du Congrès de cette Association, qui se tiendra à Tunis du 22 au 28 mars prochain, a été donné dans le précédent numéro. Les congressistes s'embarqueront à Marseille le jeudi 20 mars. Pour renseignements, s'adresser au Siège de l'Association, 28, rue Serpente.

Concours d'appareils d'éclairage pour boulangeries militaires. — Le Ministre de la Guerre a approuvé le 4 janvier 1913, le programme d'un concours d'appareils d'éclairage destinés aux boulangeries roulantes de campagne.

Les personnes désireuses de prendre part à ce concours devront adresser toutes communications au Sous-Intendant militaire, Chef de la Section technique de l'Intendance, 8, boulevard des Invalides, à Paris, à qui les appareils présentés devront parvenir avant la date extrême du 15 août 1913.

L'alimentation du lac de Saint-Point — Nous avons déjà signalé les efforts des industriels de l'Est en vue de mieux tirer parti des forces motrices du Haut Doubs en régularisant son débit au moyen d'un réservoir créé au lac de Saint-Point. Nous lisons à ce propos :

« La Compagnie P.-L.-M. ayant voulu faire le tunnel du Mont-d'Or qui reliera Frasne à Vallorbe, avec une seule pente du côté suisse, malgré l'avis contraire donné notamment par M. Fournier, professeur de Géologie à la Faculté de Besançon, l'eau des montagnes s'est trouvée drainée par le tunnel du côté de Vallorbe, et a provoqué le récent accident qu'on sait, desséchant plusieurs cours d'eau qui alimentent le lac de Saint-Point. »

Comme le détournement d'eau compromettait non seulement l'industrie du Doubs, mais l'existence d'un certain nombre de communes, sénateurs, députés, conseillers généraux, ainsi que M. Jules Japy, président du Syndicat des Usiniers du Doubs, s'efforcent de faire les démarches voulues pour obtenir du P.-L.-M. les mesures immédiates en vue de ramener sur le versant français, les eaux détournées du côté suisse. »

L'éclairage électrique des trains aux États-Unis. — D'après un rapport de l'Association des Ingénieurs électriciens des chemins de fer, sur les 50 000 voitures à voyageurs des chemins de fer à vapeur des États-Unis, il y en a à peu près 11 000 éclairées électriquement. Les systèmes suivants sont en usage:

Éclairage au moyen d'accumulateurs seuls....	1372 voitures
Éclairage au moyen de 192 turbo-générateurs sur les locomotives........................	3185 »
Éclairage au moyen de dynamos montées sur des essieux..............................	5900 »

La Société Pullmann a en tout 4264 voitures en service dont 2400 sont éclairées électriquement, et cela uniquement au moyen de dynamo actionnées par les essieux.

La fixation de l'azote de l'air par les nitrures. — A propos de cette question d'une importance capitale, nous lisons dans la *Revue des valeurs régionales* de Nancy :

« Quelques porteurs d'actions de la Société générale des Nitrures paraissent impatients de ne pas voir déjà les nitrures devenus un produit de vente courante comme les pommes de terre ou la chaux. Qu'ils se fassent une raison.

» La plus-value d'un titre de 500 fr qui cote 7000 fr leur permet d'attendre les répartitions.

» Les essais se poursuivent à l'usine de Saint-Jean de Maurienne Le succès n'est pas douteux, et il ne reste plus que la mise au point de quelques détails.

» C'est qu'il ne s'agit pas d'un joujou ou d'un appareil de laboratoire. Le four à nitrures a quelque 60 m de longueur et un diamètre de 2,50 m; il travaille à une température de 1800° et absorbe plusieurs milliers de kilowatts. »

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

USINES D'ÉLECTRICITÉ. — *Installations électriques et hydrauliques pour l'exploitation des mines d'étain de Tekkah, Malaisie*; H. THIEME (*E. T. Z.*, 23 et 30 janvier 1913, p. 85-89, 120-121). — La Société française des Mines d'étain de Tekkah, ayant décidé, en 1910, l'installation d'une usine hydro-électrique et d'une usine hydraulique pour l'exploitation de ses mines, utilisa une chute de 200 m sur la rivère Guroh, affluent du Kampar. Cette chute comprend en réalité deux étages, de 100 m chacun; sur le premier est édifié l'usine électrique. Deux barrages rassemblent les eaux du Guroh et d'un petit affluent dans un canal où le débit est environ 0,5 m³ à la seconde; le canal se déroule, partie à ciel ouvert, partie sous forme de tubes d'acier, sur une longueur de de 3500 m. Il présente en certains endroits des différences de niveau de 25 m. Les conduites forcées ont 300 m de longueur, 700 mm de diamètre; la chute effective est de 98 m. Les machines motrices sont des roues Pelton à aube et deux tuyères, consommant 500 litres d'eau à la seconde pour une chute de 100 m. Leur puissance est de 500 chevaux, et elles tournent à raison de 400 t : m. Les génératrices sont des dynamos triphasées de la Maschinenfabrik Œrlikon caractérisées par les constantes suivantes : puissance, 410 KWA ($\cos \varphi = 0{,}83$); tension composée, 400 à 450 volts; fréquence, 40 p : s; vitesse, 400 t : m; armature fixe et inducteur volant avec excitatrice montée en bout d'arbre. Le courant à 450 volts est élevé à 9000 volts par des transformateurs et transporté ainsi à la sous-station de Tekkah à 11,5 km où il est de nouveau abaissé à 440 volts pour les besoins de la mine. Le matériel hydraulique a été fourni par Escher, Wyss et C°; le matériel électrique, par la Maschinenfabrik Œrlikon. On a utilisé dans une très large mesure la main-d'œuvre indigène, chinoise ou malaisienne. Actuellement, il n'y a plus que deux européens attachés à l'exploitation, l'un à l'usine génératrice, l'autre à la sous-station, sous la haute autorité du directeur de la mine.

L'usine hydraulico-électrique de Rjukan (Norvège) (*Ind. élect.*, 10 janvier 1913, p. 5-9). — C'est actuellement l'usine la plus puissante de l'Europe; elle renferme dix groupes de 10 000 kw; son énergie est utilisée à la fabrication des nitrates.

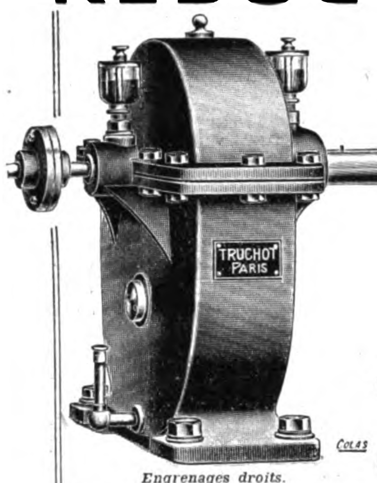
TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Calcul de résistance des lignes électriques (*Ind. élect.*, 25 décembre 1912, p. 558-567). — Le but de cet article, extrait du *Portefeuille économique des Machines* de novembre, est de faire connaître aux directeurs et constructeurs de réseaux électriques, une méthode simple et suffisamment approchée pour le calcul des lignes électriques.

Lignes de transmission en fer (*Ind. élect.*, 25 décembre 1912, p. 554). — D'après *Electrical World* un réseau de distribution desservant un grand nombre de petites villes vient d'être établi entièrement en fils de fer; il s'agit d'une distribution par courants triphasés à 22 000 volts dans un rayon de 40 km. L'ingénieur à qui est dû le projet fait remarquer qu'il y avait dans le cas envisagé plutôt des difficultés d'ordre mécanique qu'électrique, en sorte que le fer a été choisi malgré sa conductivité six fois plus faible que celle du cuivre. Notre confrère l'*Industrie électrique* rappelle à ce propos que dans son numéro du 25 août 1908, il a publié un article très documenté de M. Viel sur des lignes à haute tension en fer galvanisé. On y verra que la question a été étudiée à fond en France et qu'une application y a été faite. On y verra également que la principale objection qu'on pourrait faire à l'emploi de fils de fer est sans importance, car même avec la fréquence de 50 p : s le facteur de puissance de la ligne est encore très acceptable. Pour de petites lignes dans lesquelles on recherche avant tout la sécurité,

[1] Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.

RÉDUCTEURS DE VITESSE



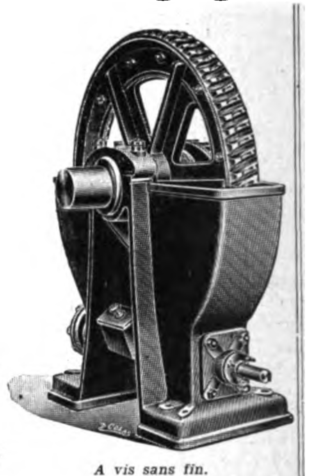
Engrenages droits.

RENDEMENT : 95 %

MARCHE SILENCIEUSE
GRAISSAGE AUTOMATIQUE
ACCOUPLEMENTS ÉLASTIQUES
TAILLAGE D'ENGRENAGES
(TOUTES DIMENSIONS

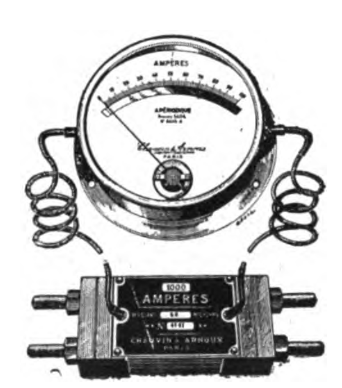
J. TRUCHOT, ING. A. M.

USINES A REVIN (ARDENNES) ET A PARIS
BUREAUX : 283, Bd Voltaire, PARIS. — Tél. 917-24


A vis sans fin.

CHAUVIN & ARNOUX

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS, 186 et 188, rue Championnet, PARIS, XVIII

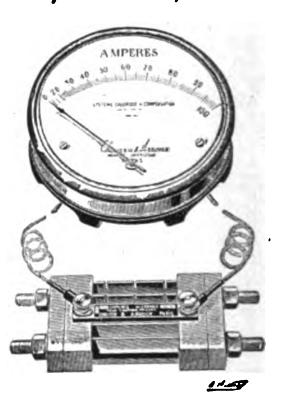


Hors Concours : Milan 1906.
Grands Prix : Paris 1900 ; Liège 1905 ; Marseille 1908 ; Londres 1908 ; Bruxelles 1910 ; Turin 1911.
Médailles d'Or : Bruxelles 1897 ; Paris 1899 ; Paris 1900 ; Saint-Louis 1904.

INSTRUMENTS
Pour toutes mesures électriques

DEMANDER L'ALBUM GÉNÉRAL

Téléphone : 525-52. Adresse télégraphique : ELECMESUR, Paris.





POMPES CENTRIFUGES SYSTÈME

Catalogue sur demande

E. SALMSON*

Fournisseurs des Ponts et Chaussées,
du Génie militaire, de l'Artillerie et des Compagnies de Chemins de fer

55, rue Grange-aux-Belles
PARIS
TÉLÉPHONE 417-61

GROUPES MOTO-POMPES *Basse-Moyenne Pressions et Multicellulaires*
A GRAND RENDEMENT POUR TOUTES PRESSIONS

mieux vaut employer le fil de fer galvanisé que le fil de cuivre, quitte à avoir une chute de tension légèrement supérieure.

Calcul de la perte par effet corona dans les canalisations à haute tension (*Ind. élect.*, 10 février 1913, p. 61-67). — Traduction d'un article de K. ZICKLER publié dans les nos 37 et 38 de *Elektrotechnik und Maschinenbau.*

La capacité en service de lignes triphasées doubles; C. FELDMANN et A.-C. LOOS (*E. T. Z.*, 23 janvier 1913, p. 89-90. — Dans les transmissions à haute tension il arrive souvent que deux lignes courent parallèlement assez près l'une de l'autre. On sait dans ce cas calculer l'induction mutuelle et la self-induction; il est plus difficile de déterminer l'augmentation de capacité due au voisinage de la deuxième ligne. C'est ce problème que les auteurs se proposent de résoudre en utilisant la méthode de Breisig qui consiste à exprimer les potentiels des conducteurs en fonction linéaire des charges. Malgré la complexité des calculs, ils arrivent à la relation simple suivante pour la capacité approchée de deux lignes triphasées voisines : $C' = \frac{0,0121}{\log_{10} \frac{A}{B}}$ microf-km, où A = la moyenne géométrique des distances des fils de même phase (la distance d'un fil à lui-même étant égale à son rayon); B = la moyenne géométrique des distances des fils de phase différente. Cette capacité serait, pour un réseau triphasé unique, $C = \frac{0,0483}{2 \text{ Log } \frac{2a}{r}}$ microf-km.

La théorie et la pratique des dispositifs de protection contre les surtensions; E. PFIFFNER (*E. u. M.*, 19 et 26 janvier 1913, p. 45-51, 75-81). — C'est la deuxième partie de l'article signalé dans la Littérature des périodiques du 7 février, page 32; elle est consacrée aux appareils. Ceux-ci, conformément aux définitions des surtensions adoptées par l'auteur, sont classés en deux grandes catégories : appareils destinés à limiter l'amplitude des surtensions et appareils destinés à réduire la chute de tension le long du conducteur dans le sens de la propagation de la surtension. Nous retrouvons évidemment ici tous les dispositifs connus; leur rôle et leur ordre ont seuls parfois subi quelque transformation. De son étude, l'auteur tire les conclusions pratiques suivantes : 1° pour écouler les charges statiques accumulées sur les conducteurs aériens, il faut connecter ceux-ci à la terre par des résistances ohmiques ou inductives; 2° Les lignes aériennes n'ont en général rien à redouter de l'amplitude des surtensions, en sorte que toute précaution spéciale est superflue; par contre, pour les protéger contre les chutes de tension dangereuses, il faut employer des condensateurs; 3° sur les réseaux de câbles, pour les machines et les appareils où la rupture du circuit et les variations de charge mettent en mouvement une grande énergie magnétique, il est recommandé d'installer des parafoudres bien calculés et pourvus d'une résistance suffisamment faible.

La sûreté de fonctionnement des interrupteurs à huile; Max VOGELSANG (*E. T. Z.*, 2 janvier 1913, p. 1-3). — L'auteur expose d'abord la série des épreuves que l'on a fait subir à un disjoncteur à huile de Voigt, Hæffner et Cie, catalogué 30 *III* RSA, c'est-à-dire, tripolaire, à huile, tension de 10 000 à 20 000 volts, 200 ampères, hauteur de porcelaine 180 mm, tension de disrupture 70 000 volts, enclenchement et désenclenchement automatiques par courant continu. Pour essayer l'appareil répondant à ces spécifications on lui érigea, derrière l'usine génératrice et sous les départs haute tension, une cabane en bois où il fut installé et relié au réseau par des torsades de fils de cuivre de 110 mm² de section. A un échafaudage était suspendue par une corde une barre de fer de 30 mm d'épaisseur qui surplombait les trois phases; on mettait celles-ci en court circuit, en coupant la corde. Le réseau étant chargé à 13 000 kw, c'est-à-dire, cinq génératrices de 4620 chevaux travaillant en parallèle, la tension étant de 12 000 volts et la fréquence 25 p : s, le disjoncteur a sauté instantanément sans apporter aucune perturbation à la marche du réseau. Au point de court circuit est apparu un coup de feu assez semblable à un éclair en boule de 1,60 m de diamètre; la barre de fer était soudée aux

SIÈGE SOCIAL :
26, rue Laffitte.

SOCIÉTÉ ANONYME
pour le
TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX

CAPITAL : 1.000.000 DE FRANCS

TÉLÉPHONE :
116-28

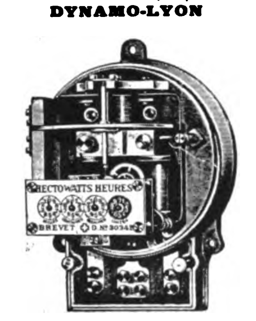
ACCUMULATEURS TEM ET SIRIUS

pour toutes applications.

DÉTARTREURS ÉLECTRIQUES

Ingénieurs-représentants : ROUEN : 109, rue Louvet (Sotteville). — LILLE : 37, rue Jean-sans-Peur. — ALGER : 71, rue de Constantine. — ORAN : Maison Marin, rue d'Arzew. — CONSTANTINOPLE : Poste Française, Boîte 76. — MEXICO : Apartado Postal, 822. — SAINT-PÉTERSBOURG . 40, Prospect Liteiny.

Téléphone : **5-46**
Adresse télégraphique :
DYNAMO-LYON



LABORATOIRE INDUSTRIEL D'ÉLECTRICITÉ

J. GARNIER, INGÉNIEUR-ÉLECTRICIEN

LYON — 3 et 4, quai Claude-Bernard — 1 et 2, rue Montesquieu — 25, rue Cavenne — LYON

FABRICATION DE COMPTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

SYSTÈME **AMT**, BREVETÉ S.G.D.G., POUR COURANTS CONTINU ET ALTERNATIF

Adopté par le Ministère des Travaux publics *(arrêté du 13 août 1910)*, par la Ville de Paris et les principaux secteurs des grandes villes de France.

LIMITEURS DE COURANT *Brevetés S. G. D. G.*
pour forfait lumière et moteurs.

INSTRUMENTS DE MESURE *(Système C. G. S., OLIVETTI et Cie, à MILAN)*

AGENCES ET DÉPOTS { **Bordeaux, 6, cours d'Albret.** **Marseille, 1, rue du Coq.**



Capital social : 2.500.000 francs entièrement versés

Fournisseur du Métropolitain (200.000 m. posés) du Nord-Sud et de toutes les Grandes Administrations et Compagnies

Usines à PONT-à-MOUSSON et à BLÉNOD (Mthe-et-Mlle) :: Siège Social à PARIS, 45, rue de Turbigo



Usines de Pont-à-Mousson.

Se méfier des imitations

SÉCURITÉ ABSOLUE DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES PAR LES

"TUBES ADT"

Tubes isolateurs armés de cuivre, d'aluminium, de tôle plombée, d'acier à joints rapprochés et d'acier *étiré sans soudure*, garanti.

MATÉRIEL ISOLANT COMPLET
POUR INSTALLATIONS ET CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES

DÉPOT A PARIS, 45, Rue de Turbigo. — *Téléphone :* **1031-10**

conducteurs sur les trois phases et le câble lui-même était brûlé jusqu'au milieu. A l'instant de l'explosion, le disjoncteur a bien éprouvé une secousse, mais c'est qu'il était simplement posé à même le sol. Les projections d'huile ont été insignifiantes, car le niveau du liquide dans la cuve n'avait pas changé; elle s'était noircie et était devenue opaque, alors qu'avant le court circuit elle était claire et transparente. Si les disjoncteurs de Voigt et Hæffner ont supporté de si dures épreuves sans dommage, c'est grâce aux écartements largement calculés, à la quantité suffisante d'huile, à un parcours assez long des couteaux dans leurs mâchoires et par dessus tout à la rapidité de la rupture. C'est cette dernière qualité que l'auteur envisage particulièrement. On la développera par la suppression de tous les accessoires susceptibles de provoquer un brassage de l'huile et par répercussion retarderont la vitesse de désenclenchement; et encore en réduisant au minimum le poids des parties mobiles. Une préférence s'est dessinée en ces derniers temps pour les disjoncteurs à cuves indépendantes dans le but évident de séparer les trois phases; mais le professeur Klingenberg estime que cette séparation n'a aucune signification en elle-même et n'offre aucun avantage technique au point de vue du fonctionnement des disjoncteurs à huile. La vraie raison qui, pour les hautes tensions, nous oblige à recourir aux disjoncteurs à trois cuves, est une difficulté d'ordre constructif, car la fabrication des disjoncteurs à cuve unique est loin d'être parfaite. Il faut aussi, pour arriver à une rupture instantanée, que le couteau parcoure un certain chemin avant de quitter le contact de la mâchoire. Pour augmenter le coefficient de sûreté, on croit bien faire quelquefois en donnant aux parties mobiles une masse plus grande que celle exigée par l'intensité du courant du réseau: c'est une précaution qui est encore un obstacle à la vitesse de rupture. L'auteur rappelle enfin que, pour les plus grandes puissances, une grandeur des contacts correspondant à 200 ampères a été reconnue suffisante en pratique, et c'est celle qui est recommandée dans les prescriptions du Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Il termine par quelques conseils au personnel chargé de la surveillance des disjoncteurs; par exemple, ne pas chercher à réenclancher un appareil qui a sauté deux fois déjà, avant de l'avoir soumis à une révision sérieuse, surtout lorsque l'odeur dégagée, la fumée et les projections d'huile dénotent que l'on se trouve en présence du court circuit sérieux.

L'arc de rupture dans les appareils de couplage électriques; WILHELM HŒPP (*E. T. Z.*, 9 et 16 janvier 1913, p. 33-38, 55-58). — Un grand nombre de photographies et de dessins montrent les formes variées que peut affecter l'arc continu jaillissant entre les pièces de contact d'un interrupteur au moment où l'on coupe le circuit. On remarque que cet arc est toujours dissymétrique et donne cette impression que le flux qui s'échappe de la cathode est plus violent que celui émanant de l'anode. L'expérience est très nette quand l'étincelle éclate entre deux crayons de carborundum. De même entre les pôles d'un parafoudre à cornes l'arc est toujours incliné; il varie de forme aussi suivant la polarité le couteau et du plot fixe. Pour essayer une théorie de ces phénomènes, l'auteur a eu recours à la caractéristique statique de Mad. Herta Ayrton,

à savoir: $E = Ri + \alpha + \beta l + \frac{Kl}{i}$, E différence de potentiel entre les électrodes se compose de la chute de tension iR dans la résistance de garde, d'une chute constante α (de 20 à 30 volts entre électrodes de cuivre), d'une chute βl fonction de la longueur de la colonne gazeuse et enfin d'une chute $\frac{Kl}{i}$ qui dépend à la fois et de la longueur et de l'intensité. En résolvant par rapport à i en fonction de l et discutant, on trouve qu'il y a une longueur limite de l'arc au-dessus de laquelle il se sépare. On peut aussi envisager le cas où la coupure se fait sur n contacts, alors la caractéristique doit s'écrire : $E = Ri + n\alpha + n\beta l + \frac{nKl}{i}$. En discutant encore cette expression; on trouve que pour $R = 0$, c'est-à-dire en cas de court circuit, la longueur maximum de chaque coupure est

$$lm = (E - n\alpha) : n\beta.$$

autrement dit, pour un courant infini, l'arc tend néanmoins vers

une longueur finie; la longueur totale de toutes les coupures est $l_{totale} = (E - n\alpha) : \beta$, et devient nulle si $n = E : \alpha$. Par exemple, nous avons vu que, pour des électrodes en cuivre, α varie entre 20 et 30 volts; si l'on veut couper sur 600 volts, sans étincelles, il faudra prendre $n = 600 : 30 = 20$ coupures. Enfin pour les tensions élevées (> 500 volts), l'auteur arrive à cette règle que l'écartement nécessaire pour rompre l'arc se détermine à raison de 1 mm par volt. Pour la vitesse de rupture, l'auteur arrive à ce résultat, qu'une rupture instantanée ne peut avoir son plein effet que si l'on arrive mécaniquement à allonger l'arc jusqu'à sa longueur de rupture. L'arc de rupture, en courant alternatif, dépend à un haut degré de la nature des métaux qui constituent les électrodes et de la fréquence. Dans le cas où il existe un déphasage entre la tension et le courant, il ne faut pas ouvrir le circuit pour une valeur du courant inférieure à un certain minimum, si l'on ne veut pas s'exposer à un réamorçage de l'arc, c'est-à-dire qu'il ne faut pas couper quand le courant est au voisinage du zéro et que la tension est déjà dans la période d'augmentation rapide. Par conséquent, sous charges inductives, il est bon de manœuvrer lentement l'interrupteur si l'intensité est inférieure au susdit minimum, de façon à laisser à l'arc le temps de s'éteindre de lui-même au moment où le courant passera par zéro. En courant alternatif, la rupture lente semble la manœuvre la plus générale, et on lui fera donner tout son effet en formant les électrodes de métaux bons conducteurs de la chaleur, comme le cuivre.

Transmission à haute tension dans le nord de l'Illinois (*Electrical World*, 23 novembre 1912, p. 1095-1097).

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Transformation d'énergie dans le mouvement de l'armature des électro-aimants et des aimants permanents; Paul Schiemann (*E. u. M.*, 5 janvier 1913, p. 11-14). — Pour simplifier les calculs, l'auteur considère un électro-aimant à courant continu et distingue trois cas particuliers : 1° courant constant. On peut maintenir le courant constant pendant le mouvement de l'armature en opposant à la force contre-électromotrice induite dans les bobines par ce déplacement une tension de même ordre qui la compense, de sorte qu'il ne reste d'autre tension agissante dans le circuit que celle provenant de la source. On peut admettre aussi que l'intensité est constante quand le mouvement de l'armature est très lent, pourvu que la tension de la source n'éprouve aucune variation; 2° flux de force constant. Cette condition sera satisfaite pour un mouvement très rapide de l'armature par rapport à l'électro-aimant, mais l'intensité décroît; 3° énergie magnétique constante. Il est tout naturel d'envisager le cas où le mouvement de l'armature a lieu sans variation de la puissance de l'électro-aimant, car le premier cas correspond justement à une augmentation et le deuxième à une diminution de l'énergie magnétique.

Notes sur les applications industrielles de la commande électromagnétique aux États-Unis; H. Marchand (*Ind. élect.*, 10 décembre 1912, p. 533-544). — Depuis quelques années les aciéries nouvelles et la plupart des aciéries anciennes, les installations minières, les ateliers de construction, les grandes imprimeries, etc. ont adopté la commande électrique, et cette généralisation a fait naître le besoin, non seulement d'appareils moteurs spéciaux, mais d'instruments de contrôle très divers, car les différentes catégories d'appareils réalisés comportent toutes, au point de vue du contrôle, des conditions très caractéristiques. Alors qu'il y a 7 ans, lors d'une enquête ouverte par l'American Institute of Electrical Engineers, on considérait comme présentant le maximum de difficulté à vaincre une installation comportant une quinzaine de démarrages par heure, on peut voir aujourd'hui dans les aciéries de gros moteurs qui sont soumis à trois démarrages et renversements de marche dans un intervalle de 5 secondes; dans la commande des raboteuses le dispositif de contrôle doit automatiquement mettre le moteur en marche, le ralentir à l'extrémité de la course, puis en renverser le sens de marche pour le retour; ces différentes phases se succèdent aussi sur une période de 5 secondes, de sorte que si l'on considère une machine fonctionnant 10 heures par jour et 300 jours par an, on voit que l'instrument est appelé à

fonctionner cinq millions de fois en une année. L'expérience fait voir que, pour la plupart des applications où le service doit être confié à un personnel plus ou moins inexpérimenté, le seul moyen d'arriver au résultat est de recourir à des dispositifs à actionnement électromagnétique. La construction de ces mécanismes électromagnétiques s'est particulièrement développée aux États-Unis et le numéro de mai 1912 de *General Electric Review* contenait sur ce sujet plusieurs articles dus à MM. C.-D. Knight, H.-E. White, M.-A. Whiting, W.-C. Yates, C.-F. Scott, C.-H. Williams, W.-M. Watkins, G.-T. Eagar, C.-L. Perry; ce sont ces articles qui sont analysés par M. Marchand.

Transbordeur Hulett avec bennes à prises de 17 tonnes (*Ind. élect.*, 25 novembre 1912, p. 527). — D'après la *Z. d. V. D. I.*, n° 39, la Pennsylvania Railroad C° vient d'installer à Cleveland un transbordeur extrêmement puissant. Les déchargeurs sont au nombre de quatre; chacun d'eux comprend une poutre oscillante soutenue en son milieu et portant la benne à son extrémité avant et le contrepoids à son extrémité arrière. Chaque benne emporte 17 tonnes par prise. Dès qu'une benne est pleine, le chariot sur lequel repose tout le déchargeur par l'intermédiaire du support central est reculé légèrement. La benne s'ouvre alors au-dessus d'une trémie de 70 tonnes, à partir de laquelle un plancher mobile amène le minerai dans un wagon distributeur de 50 tonnes, qui le répartit dans des wagons ordinaires placés au-dessous. Un transbordeur auxiliaire permet à volonté d'amener le minerai sur parc. L'installation, établie en vue du déchargement des plus gros navires, transporte journellement 35 000 à 40 000 tonnes (deux équipes). L'alimentation est assurée par du courant continu. Les différents mouvements exigent les puissances suivantes : translation du déchargeur, 75 kw; commande du mouvement de la poutre et de la benne, 220 kw; fermeture de la benne, 75 kw; commande du plancher mobile de la trémie de 70 tonnes, 110 kw; commande de la voiture de 50 tonnes, 110 kw; fermeture de la trappe de cette voiture, 22 kw. La capacité de la benne, qui correspond à la contenance des plus grands wagons à marchandises, n'est atteinte actuellement que dans une autre installation semblable mise en service en 1910 à Ashtabula Harbor dont les bennes ont une contenance de 15 tonnes.

Nouveautés dans la commande automatique des pompes d'alimentation (*E. T. Z.*, 9 janvier 1913, p. 40-41). — L'article est consacré à la description d'un certain nombre de commutateurs automatiques qui sont actionnés par les variations de pression qui se produisent dans un réservoir d'eau fermé; quand cette pression descend à un minimum déterminé, le commutateur ferme le circuit et le moteur se met en marche; dès que la pression est remontée, le circuit est coupé et le moteur s'arrête.

Commande automatique des presses à imprimer (*Ind. élect.* 10 novembre 1912, p. 491-495). — La commande électrique des presses rotatives peut être réalisée de plusieurs façons. Le procédé le plus simple consiste à substituer au moteur à vapeur servant à l'actionnement de la machine, un moteur électrique de puissance correspondante en conservant la courroie de transmission et les poulies, ainsi que le changement de vitesse employé dans la commande par moteur à vapeur. La méthode la plus perfectionnée consiste toutefois à accoupler directement le moteur à la presse en réalisant les différentes vitesses et notamment la marche lente pour les opérations de mise au point, par des procédés purement électriques. Pour les petits équipements et même pour les moyens, cette combinaison est aisément réalisable, en shuntant l'armature par une résistance pour réaliser la vitesse inférieure, le réglage du champ assurant les autres vitesses. La commande s'effectue au moyen d'un combinateur spécial, agissant non seulement sur le champ, mais aussi, au moment voulu, sur l'induit; l'arrêt peut être provoqué par la dépression de simples boutons de contact; on applique le freinage dynamique et la machine est protégée par des disjoncteurs à maximum et à tension nulle; des verrouillages appropriés empêchent que la presse ne soit remise en marche sans passer par les positions initiales du contrôleur. Des boutons supplémentaires peuvent ainsi être placés aux points voulus pour permettre d'y procéder à la mise en marche, à l'arrêt et à la marche à petite vitesse; les grandes vitesses s'obtiennent exclusivement à l'aide du combinateur. Ce procédé de commande n'est toutefois appli-

cable que pour les petites puissances, jusqu'à 20 ou 30 kw; on peut le modifier pour le transformer en un procédé entièrement automatique, où la commande est réalisée, pour toutes les vitesses, à l'aide de boutons de pression; mais il ne reste pas moins limité aux pressions susindiquées; les pertes qu'il occasionne dans les rhéostats d'armature et de champ sont effectivement considérables une fois que la puissance est un peu grande; dans ces limites, par contre, il donne d'excellents résultats et il est notamment avantageux pour la commande par moteur à courant alternatif. — La commande des équipements de grande puissance est plus complexe; elle a été l'objet d'un travail de M. C.-F. Scott publié dans *General Electric Review* de mai 1912, et ce sont les renseignements contenus dans ce travail qui sont exposés dans la suite de l'article qui nous occupe. Pendant plusieurs années une Compagnie américaine a appliqué pour ces équipements de grande puissance un procédé de commande comportant l'emploi d'un moteur à double commutateur et à l'aide duquel elle réalisait les vitesses réduites nécessaires et les vitesses supérieures par des combinaisons de montage en série parallèle et de réglage par le champ. Mais cette méthode a été abandonnée depuis quelque temps, et on lui préfère habituellement aujourd'hui la commande par deux moteurs, qui est à présent appliquée d'une façon à peu près universelle, avec le contrôle automatique. La description de ce mode de commande est l'objet du reste de l'article.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

Sur les gaz spontanément ionisés Gouy (*C. R. Acad. des Sciences*, 23 décembre 1912, p. 1464). — Dans une communication précédente, signalée dans la *Littérature des périodiques* du 3 janvier, M. Gouy faisait remarquer que la contradiction entre la théorie cinétique et le principe de Carnot peut disparaître si les ions prennent naissance sur les parois en même temps qu'au sein du gaz, suivant une relation déterminée. Répondant à une observation de M. C.-G. Darwin, M. Gouy dit qu'il est d'accord avec celui-ci pour penser que, si le principe de Carnot était rigoureusement vérifié en dehors du champ magnétique, il le serait encore dans ce champ. Si donc l'expérience montrait l'existence du courant envisagé par M. Gouy, le rôle du champ magnétique se bornerait à rendre sensible l'existence d'une dérogation latente au principe de Carnot, qui, en dehors du champ, ne produirait que des différences minimes de température et de pression, inaccessibles à l'observation.

La théorie des quanta et les recherches expérimentales; J. de Kowalski (*Revue générale des Sciences*; 15 février 1913, p. 85-86). — Dans une conférence faite le 9 septembre 1912 à Altdorf devant la Société helvétique des Sciences naturelles et ayant pour titre *Rayonnement et matière*, M. de Kowalski a insisté sur le succès que la notion du quantum a eu dans le domaine de la Physique expérimentale. Les quelques renseignements qui suivent, extraits de sa conférence, montrent les services qu'a rendus, dans quelques branches de la Physique, cette théorie des quanta. — On sait que l'action de la lumière facilite la décharge des conducteurs électrisés négativement. Cette action, découverte par Hertz, a été étudiée par un grand nombre de savants, en particulier par Lenard. C'est à Lenard que nous devons la connaissance d'un certain nombre de faits précis. Il a montré, en effet, qu'une surface métallique, sous l'influence de la lumière, émet des électrons négatifs. L'intensité de ce rayonnement secondaire est directement proportionnelle à l'intensité de la lumière incidente. Par contre, la vitesse avec laquelle les particules électriques négatives quittent la surface est, dans des limites relativement grandes, indépendante de l'intensité de la lumière, et augmente si la longueur d'onde de la lumière agissante diminue. — Cette dernière particularité des phénomènes photo-électriques était assez difficile à expliquer; des hypothèses plus ou moins vraisemblables furent établies à ce sujet. Einstein a démontré que cette propriété peut être considérée comme une conséquence directe de l'hypothèse des quanta. Il suffit seulement d'admettre que l'énergie du rayonnement incident est la source de l'énergie des électrons qui quittent la plaque métallique et que l'énergie du rayonnement incident ne possède pas une trop

grande densité. On peut alors conclure que la vitesse des électrons du rayonnement émis est une fonction linéaire de la fréquence de la lumière agissante. — Cette loi d'équivalence photoélectrique a été confirmée d'une façon éclatante par les expériences d'Erich Ladenburg (1907), de Millikan (1912), de O.-W. Richardson (1912). — Einstein a étendu ces considérations aux problèmes de la transformation du rayonnement de longueur d'onde déterminée en rayonnement de longueur d'onde différente, par exemple, dans les phénomènes de la fluorescence et de la phosphorescence. Il a pu ainsi déduire la règle de Stokes de ses considérations. — Il est vrai que, la règle de Stokes n'étant pas exacte, il pourrait sembler que la théorie des quanta se trouve ici en contradiction avec l'expérience. Mais on doit se rappeler que les considérations d'Einstein supposent que le rayonnement produit dans la photo-luminescence emprunte son énergie uniquement à l'énergie du rayonnement excitateur. On peut cependant admettre qu'à cette source principale d'énergie ils'en associe une autre, par exemple l'énergie d'agitation thermique. Si l'on fait cette supposition, les écarts de la loi de Stokes devraient diminuer lorsque la température du corps fluorescent diminue : le fait a été constaté par M. de Kowalski (1910). En se basant sur l'hypothèse des quanta, M. de Kowalski a calculé, en outre, la différence des écarts pour deux températures différentes : les résultats trouvés s'accordent avec l'expérience. — M. Stark, en ajoutant à la théorie des quanta certaines hypothèses sur le mécanisme de l'énergie du spectre de bande d'une substance, est parvenu à calculer la limite inférieure de ce spectre. Le calcul, effectué dans quelques cas concrets, a fourni une limite conforme à l'expérience. — A la suite de ses travaux, M. Stark a développé une théorie atomistique électrique des valences. Il a également étendu sa méthode à des questions concernant la phosphorescence et la fluorescence, et tous ces travaux ont suscité de leur côté diverses recherches expérimentales. Plus d'une conquête nouvelle dans le domaine de l'absorption, de la phosphorescence, de la fluorescence et de la photochimie est due à la suggestion donnée par la théorie des quanta à ces recherches.

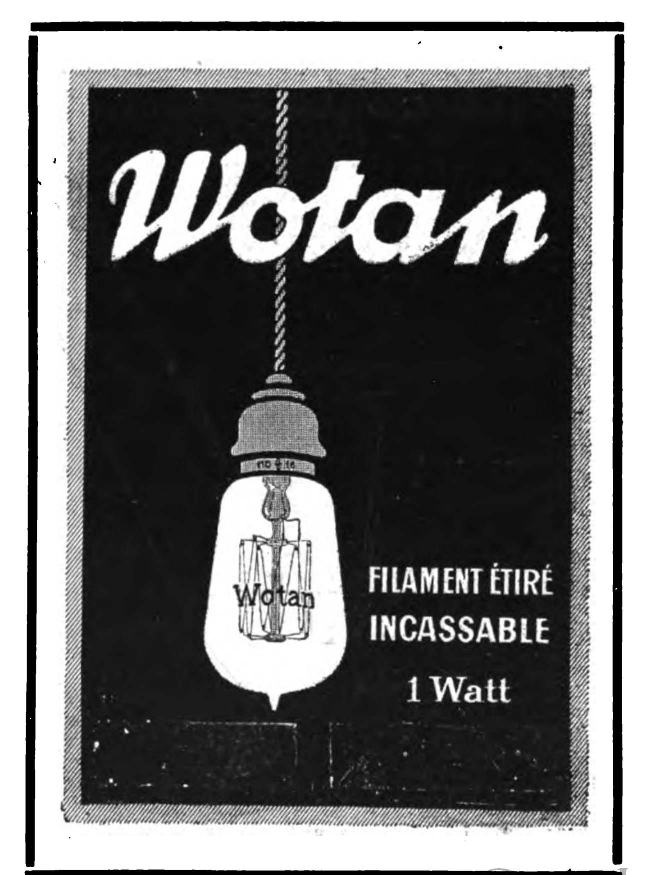
Détermination de l'émanation de l'eau de mer; J. Laul (*Phys. Zeits.*, 15 janvier 1913, p. 81-83). — Les observations ont été faites par la méthode de Schmidt, sur l'océan Atlantique, le détroit de Magellan et l'océan Pacifique. L'eau était puisée à la surface de la mer et versée avec précaution dans l'appareil de mesure dans la proportion de 1 litre. L'expérience a montré que, d'une manière générale, la teneur en émanation est très faible; elle est cependant plus grande pour l'océan Atlantique que pour l'océan Pacifique. La position n'a aucune influence sur la proportion d'émanation; on trouve au voisinage des côtes des maximum et des minimum, ceux-ci étant souvent nuls. Les mêmes particularités se remarquent quand on s'éloigne du littoral.

Les variations de la conductivité de l'atmosphère et du courant, vertical à Potsdam; K. Kähler (*Phys. Zeits.*, 15 décembre 1912, p. 1216-1221). — Les expériences ont été réalisées à l'Observatoire météorologique de Potsdam du 1[er] octobre 1910 au 1[er] octobre 1911 avec deux fils de cuivre noircis, de 0,1 mm d'épaisseur et 20 m de longueur et placés, l'un à 1,50 m au-dessus du sol pour recevoir une charge + 220 volts, et l'autre à 0,60 m pour recevoir une charge — 220 volts. La moyenne des mesures a donné pour la conductivité :

$$\lambda - = 0{,}51 \times 10^{-4} \text{ E. S.} \quad \text{et} \quad \lambda + = 0{,}42 \times 10^{-4}$$

pour un gradient du potentiel de 254 volts par mètre. La conductivité totale pour Potsdam, $\lambda_+ + \lambda_- = 0{,}95 \times 10^{-4}$, ou 1×10^{-4}, alors que pour la station de Davos on a trouvé $2{,}8 \times 10^{-14}$ E. S. La variation annuelle de la conductivité est de sens contraire à celle de la chute de potentiel; il y a plusieurs maxima : en mai, $1{,}08 \times 10^{-4}$; en juin, $1{,}13 \times 10^{-4}$; en juillet, $1{,}15 \times 10^{-4}$ et deux minima : en janvier, $0{,}70 \times 10^{-4}$ et en février, $0{,}77 \times 10^{-4}$ E. S. Pour la variation journalière, on constate deux maxima le matin et l'après-midi; deux minima, un peu avant midi et le soir. Le courant vertical est $i = e\lambda = \frac{254}{300 \times 10^2} \times 0{,}95 \times 10^{-4} = 71 \times 10^{-8}$ ES ou $2{,}4 \times 10^{-6}$ ampères : cm².

Ce courant a un maximum en décembre 3×10^{-16} amp : cm² et



deux minima en septembre et février, de 2×10^{-16} amp : cm². Si l'on considère maintenant le rapport $\frac{\lambda +}{\lambda -}$, on trouve aussi qu'il subit un maximum 1,29 en janvier et un minimum 1,09 en juin et juillet. L'auteur étudie ensuite l'influence de l'état météorologique sur les variations du gradient du potentiel, de la conductivité et du rapport q. Signalons seulement d'après l'auteur l'extrême sensibilité des fils chargés à la pluie; les premières gouttes provoquent une charge si rapide qu'il serait possible de baser sur ce fait des udomètres certainement plus sensibles que ceux actuellement employés dans les Observatoires.

Influence du lest sur la condensation de la vapeur d'eau; W. Budig (*Phys. Zeits.*, 15 décembre 1912, p. 1224). — Beaucoup de météorologistes qui ont fait des observations en ballon ont cru pouvoir affirmer que les grains de poussière solides n'avaient aucune influence sur la formation des nuages. Pendant une ascension effectuée le 14 juillet dernier, l'auteur de si nom- a cependant remarqué que chaque projection de lest était suivie breuses condensations dans le collecteur de poussières d'Aitken que le dénombrement des gouttes devenait impossible. Il suffisait d'attendre quelques minutes pour retrouver le nombre de noyaux correspondant à l'altitude où se faisait l'observation, c'est-à-dire 100 noyaux entre 4000 et 5200 m de hauteur.

Mesures de chaleurs spécifiques de corps solides à haute température; A. Magnus (*Phys. Zeits.*, 1er janvier 1913, p. 5-11.) — Le calorimètre employé par l'auteur rappelle celui de Nernst et Lindemann qui était constitué par un cylindre de cuivre bien isolé au point de vue calorifique et dans lequel on avait pratiqué une cavité pour recevoir les corps à étudier. Magnus a opéré jusqu'à 750°; la cavité du bloc est conique et l'on donne la même forme aux corps expérimentés; le bloc est suspendu à deux fils fins au fond d'un vase de Dewar; le tout est logé dans un récipient en zinc de diamètre un peu plus grand et lesté de plomb, de façon à ne pas flotter dans le bain de 250 litres d'eau qui protège l'ensemble contre les échanges de chaleur. La température est donnée par un couple thermoélectrique constitué par 50 éléments fer-constantan présentant une résistance totale de 90 ohms. Les soudures paires sont enfermées dans des petits tubes et noyées dans du zinc préalablement fondu; ces tubes sont placés dans des trous étroits et profonds pratiqués dans la masse du bloc; les soudures impaires sont protégées par deux épaisseurs de feutre tassé entre le vase de Dewar et le récipient en zinc. Les corps sont chauffés dans des fours électriques dont on connait exactement la température, la conversion en degrés centigrades des indications du galvanomètre relié au couple et la correction de température ont exigé beaucoup de soins. Dans tous les cas, les résultats obtenus concordent avec ceux d'autres physiciens et satisfont à la formule de Nernst et Lindemann, à savoir $C_p = C_v + \frac{9\alpha^2 V}{K} T$, où C_p est la chaleur moléculaire à pression constante; C_v, la chaleur moléculaire à volume constant; α, le coefficient de dilatation linéaire; V, le volume atomique et K, la compressibilité; d'après Grüneisen, $\frac{V}{K}$ est sensiblement indépendant de la température; α est proportionnel à C_p, en sorte que la formule peut s'écrire :

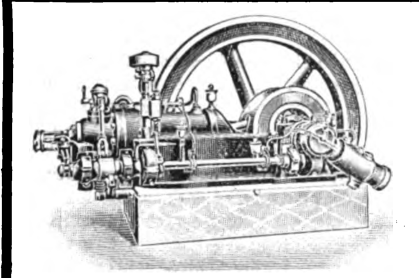
$$C_p = C_v + C_p^2 TA,$$

où $A = 2{,}7 \times 10^{-5}$ est une constante déterminée par des considérations thermodynamiques. Les valeurs de C_p déduites de cette formule sont à peu près les mêmes que celles obtenues par l'observation directe.

Contribution à la théorie des chaleurs spécifiques; M. Born et Th. von Karman (*Phys. Zeits.*, 1er janvier 1913, p. 15-19).

VARIÉTÉS.

Nécrologie : *Gustave Richard*; E. Sauvage (*Revue de Mécanique*, 31 janvier 1913, p. 5 à 9). — L'auteur retrace la carrière de Richard, Né à Dunkerque en 1849; fit ses études au collège Saint-Jean, de Douai, puis à Paris, à l'école Sainte-Barbe et au lycée Fontanes; de 1871 à 1874, suit les cours de l'École des Mines. En 1874, entre



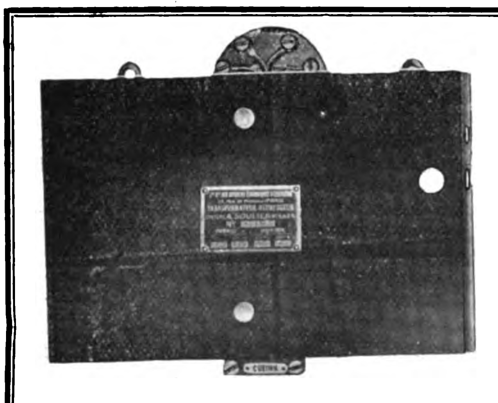
MOTEURS DIESEL OLEA

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE
FORCE MOTRICE

Robuste **Simple** **Économique**

DIENY & LUCAS, Ingénieurs
29, rue de Provence — PARIS

Téléphone : 226-02



REDRESSEURS ÉLECTROMÉCANIQUES

Système Soulier

Charge des Accumulateurs, électrolyse, alimentation des lampes à arc et moteurs à courant continu, sur courant alternatif.

NI ENTRETIEN NI SURVEILLANCE

SOCIÉTÉ ANONYME DES APPAREILS D'ÉLECTRICITÉ
Téléph. : Gutemb. 24-80 — 46, Rue Taitbout, Paris

Cie G^le^ D'ÉLECTRICITÉ DE CREIL

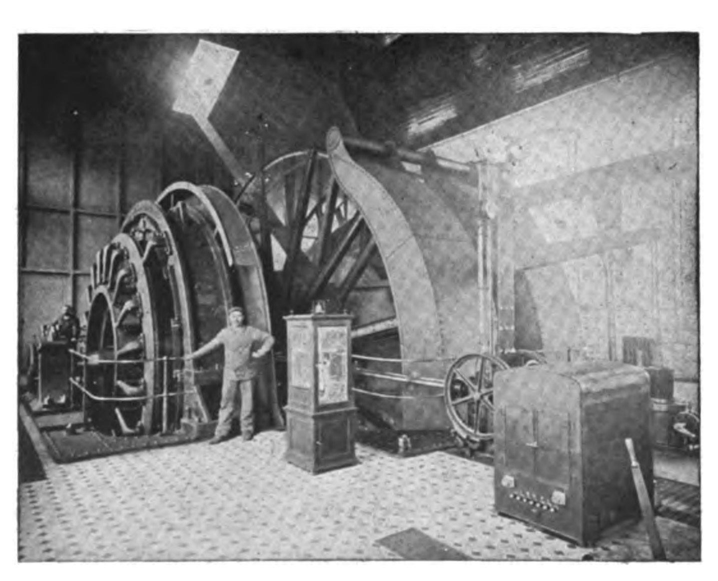
Société Anonyme. Capital 3.800.000 frs.

Siège Social :
PARIS
19, rue Louis-le-Grand

Seule Concessionnaire pour la France et les Colonies des
BREVETS et PROCÉDÉS *SIEMENS-SCHUCKERT*

Usines :
A CREIL
(Oise)

MATÉRIEL
A COURANT CONTINU ET ALTERNATIF
MONO- ET POLYPHASE
DE TOUTES PUISSANCES
MATÉRIEL POUR MINES



TRANSPORT D'ÉNERGIE
STATIONS CENTRALES — TRACTION
APPAREILS DE LEVAGE
MACHINES D'EXTRACTION — LAMINOIRS
COMPTEURS — LAMPES A ARC, ETC.

dans les ateliers Gouin (aujourd'hui Société de Construction des Batignolles); en 1878, entre au service du matériel et traction de la Compagnie du chemin de fer du Nord; en 1882, devient directeur de la Société de Constructions mécaniques spéciales qui construisait les moteurs à gaz Otto pour le compte de la Société des Moteurs à gaz qui les vendait. En 1891, il quitta ce poste pour devenir ingénieur conseil de la Société des Moteurs à gaz où il resta attaché jusqu'en 1902. En 1894, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale le nommait son agent général. En 1897 il fonda la *Revue de Mécanique*. Outre de nombreux articles, il publia plusieurs Ouvrages parmi lesquels il convient de citer son magistral *Traité des Machines-outils*, édité en 1895 et 1896.

Solutions approchées de quelques problèmes sur la théorie de l'élasticité; H. Lorenz (*Phys. Zeits.*, 15 janvier 1913, p. 71-74).

L'hystérèse élastique de l'acier; B. Hopkinson et G. Trevor-Williams (communication faite à la séance du 21 novembre 1912 de la Royal Society de Londres). — Un barreau d'acier est soumis à un effort alternatif dans une machine pour les essais de fatigue à grande vitesse. Cette machine donne un effort axial direct atteignant jusqu'à 30 tonnes par pouce carré, entre des limites égales de tension et de compression, à une vitesse d'environ 120 cycles par seconde. L'hystérèse élastique est mesurée par la détermination, à l'aide de thermo-couples, de la chute de température entre le centre de la pièce et chaque bord pendant qu'elle est soumise à l'effort alternatif dans les limites de l'élasticité. La dissipation d'énergie correspondant à une chute donnée de température est déterminée en chauffant l'échantillon avec un courant électrique et en mesurant les watts dissipés par la résistance. Dans l'acier doux employé, l'énergie dissipée par cycle quand les limites de l'effort étaient de ± 12,5 tonnes par pouce carré est d'environ 25000 ergs par centimètre cube et donne une chute de température d'environ 5°. Elle est du même ordre de grandeur que celle due à l'hystérèse magnétique dans la même substance sous une force magnétique puissante. L'hystérèse élastique varie approximativement comme la quatrième puissance de l'étendue de l'effort.

L'influence de l'azote sur les propriétés du fer; J.-H. Andrew (*Revue gén. des Sciences*, 15 février 1913, p. 87). — A l'une des dernières réunions de l'Iron et Steel Institute, l'auteur a fait connaître les résultats des recherches auxquelles il s'est livré sur l'influence de l'azote sur les propriétés du fer. Le fer et les alliages fer-carbone, fondus sous une pression élevée d'azote, absorbent une petite quantité de ce gaz. L'absorption de 0,3 pour 100 d'azote supprime les points critiques du fer pur, et un chauffage prolongé dans le vide est nécessaire pour désazoter le métal. L'absorption de 0,25 pour 100 d'azote par un acier au carbone à 0,6 pour 100 abaisse notablement le point Ar_1. Un acier ainsi azoté ne peut être ramené à l'état normal d'acier pur que par plusieurs semaines de chauffage dans le vide. — L'effet produit par l'azote sur les propriétés mécaniques consiste dans une augmentation de ténacité et de dureté, et une diminution d'élongation. Les petits échantillons obtenus par l'auteur étaient excessivement durs et cassants. — Le fait le plus remarquable est la très faible quantité d'azote nécessaire pour produire une grande influence, et la difficulté d'extraire du métal les dernières traces de gaz. L'azoture de fer qui se forme n'est donc pas le composé instable qu'on supposait généralement. L'auteur considère les changements critiques qui se produisent dans le fer et dans l'acier comme dus à la coalescence de molécules semblables, et cette coalescence provient de la contraction du métal pendant le refroidissement qui amène les molécules suffisamment près les unes des autres pour que la force de l'attraction de molécules semblables s'exerce et surmonte l'influence des molécules différentes. — L'absorption de l'azote, suivie de la formation d'azoture de fer, empêche les molécules de fer ou de carbure de fer de se réunir avec d'autres molécules de même espèce en les tenant éloignées. Il faut donc une plus grande contraction du métal, et par conséquent, une température plus basse, avant que les molécules semblables soient amenées assez près les unes des autres pour que la force due à l'attraction moléculaire effectue un changement.

Quelques graisseurs récents; G. Richard (*Revue de Mécanique*, 31 janvier 1913, p. 54-84).

Schémas ou symboles pour le montage des appareils électriques; E.-F. Hirsch (*E. T. Z.*, 16 janvier 1913, p. 62-63). — L'auteur propose des combinaisons systématiques de lettres et de chiffres à inscrire sur les appareils et qui indiquent immédiatement la manière d'opérer les connexions. Ainsi, un voltmètre à courant

LANDIS & GYR PARIS

Rue Felix Ziem 2 et 2bis

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

de tous les systèmes

COMPTEURS POUR TARIFS SPÉCIAUX – WATTMÈTRES TYPE FERRARIS – INTERRUPTEURS HORAIRES
INTERRUPTEURS AUTOMATIQUES POUR L'ÉCLAIRAGE DES CAGES D'ESCALIERS
RAMPES D'ÉTALONNAGE – LAMPES À FILAMENT MÉTALLIQUE

"L'ÉLECTROMÉTRIE USUELLE"

MANUFACTURE D'APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES

Ancienne Maison L. DESRUELLES

4, rue du Borrégo 4, — PARIS (20e)

TÉLÉPHONE : 922-53

:: **Voltmètres et ampèremètres de précision à cadre mobile** ::

APPAREILS INDUSTRIELS - APPAREILS DE POCHE

Tables de mesures — Ohmmètres

Envoi franco des Catalogues sur demande

Sté CARPENTIER, RIVIERE et Cie

11 et 13, Rue de Belzunce, PARIS Xe

Entreprises Générales d'Électricité

TRANSPORT DE FORCE A HAUTE TENSION

STATIONS CENTRALES

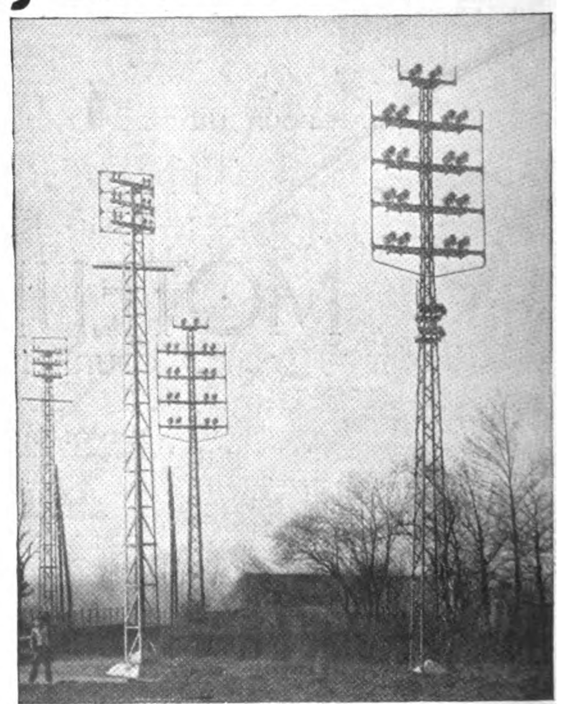
RÉSEAUX COMPLETS DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE

TRACTION ÉLECTRIQUE

CATENAIRE SYSTÉME Bté S.G.D.G.

Téléphone : 448.48, 453.61

Télégrammes : Carpenrive, Paris



continu qui doit être directement branché sur le réseau portera les initiales P — 1 et N — 4, qui signifient que le conducteur + doit être relié à la borne 1 du voltmètre, et le conducteur négatif à la borne 4. Si l'appareil est en série avec une résistance, on l'échantillonnera P — N_1, N_2 — 1, N — 4. Le fil + est relié à la borne N_1 du rhéostat et la borne N_2 du rhéostat à la borne 1 du voltmètre, etc. Il est certain qu'une entente dans ce sens entre les constructeurs rendrait les plus grands services.

Le monopole des installations et du matériel électrique; H. Schreiber (*E. u. M.*, 9 février 1913, p. 113-128). — L'objet de cet article est de discuter une ordonnance de la municipalité de Prague qui n'admet sur le réseau de la ville que les moteurs et dynamos fabriqués dans l'enceinte de la ville. L'auteur condamne absolument cette décision et toutes celles du même genre qui pourraient être prises.

L'électrotechnique de ce côté-ci et de l'autre côté de l'Océan (Conférence faite à la Société des Électriciens de Vienne, les 6 et 20 novembre 1912); F. Niethammer (*E. u. M.*, 5 et 12 janvier, 2 et 9 février 1913, p. 2-10, 30-35, 93-99, 118-127). — Revue d'ensemble sur l'état actuel de l'électrotechnique aux États-Unis d'Amérique; les éléments en ont été recueillis, partie sur place, partie dans les revues américaines. Nous y avons retrouvé bon nombre de questions déjà traitées dans la *Revue électrique*.

L'industrie électrique au Japon; W. Schmidt (*E. T. Z.*, 2 janvier, p. 10-13). — L'électricité a pris au Japon un développement considérable pendant ces dix dernières années, et elle joue actuellement dans l'industrie un rôle des plus importants. Les débuts ont été marqués par de grands revers financiers, que l'auteur attribue au manque de fonds qui n'a pas permis de porter immédiatement les entreprises à la puissance pour laquelle elles avaient été projetées, enfin la main-d'œuvre compétente faisait défaut c'est ainsi que, malgré la science des ingénieurs japonais formés à l'étranger, malgré les mines de cuivre dont elles disposent et les droits qui les protègent, les usines de câbles n'ont jamais pu produire des articles capables de soutenir la concurrence étrangère comme qualité. La pénurie de chimistes caoutchoutiers est leur point faible. Cependant, de ce côté l'importation subit un temps d'arrêt, pour reprendre probablement sa marche ascendante quand de nouveaux réseaux de distribution seront en projet. Les fils isolés sont cependant toujours très demandés. La fabrication des lampes est plus avancée; malgré tout, l'étranger fournit toujours beaucoup de ces articles. Les sociétés qui détiennent au Japon le monopole de l'éclairage public et privé achètent en Europe et aux États-Unis des pièces détachées qu'elles reconstituent ensuite sur place. Les chiffres ci-dessous montrent l'importance des machines, câbles et fils isolés fournis par l'étranger pour 3 années en francs :

	1909.	1910.	1911.
Machines..............	15 000 000	10 960 000	28 555 000
Cables télégraphiques..	1 795 000	7 975 000	1 875 000
Fils isolés............	7 585 000	8 185 000	18 500 000

En chiffres ronds, pour 1910, la part de l'Allemagne a été de 8 000 000 fr; celle de l'Angleterre, 5 000 000 fr et celle des États-Unis 10 000 000 fr. D'après l'annuaire du Ministère des Finances pour 1912, les droits actuels sur les lampes à incandescence sont de 40 pour 100; cette taxe a définitivement évincé la concurrence étrangère. L'industrie japonaise fabrique annuellement 5 000 000 de lampes à filament de carbone: le filament métallique est à peu près inconnu et son introduction est marquée par la substitution du tarif au compteur au lieu du tarif à forfait jusqu'ici le plus en vogue. Au point de vue traction, l'annuaire indique, pour 1910, 600 km en exploitation et 300 km en construction; pour 1911, 700 km en exploitation et 350 km en construction. Il est aussi question de l'électrification des grandes lignes; notamment celle de Tokio-Yokohama est en voie d'exécution.

La protection du travailleur et le droit du travailleur; Hardegg (*E. T. Z.*, 2 janvier 1913, p. 8-10). — La législation en faveur du travailleur doit s'étendre au domaine religieux et moral, comprendre la protection de sa vie et de sa santé ainsi que sa défense économique. L'auteur discute les trois points.

BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin (H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.), 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

450219. Société dite Le Matériel téléphonique. — Perfectionnements dans les systèmes d'appel téléphonique et d'intercommunication, 20 juin 1912.

450234+450235. Société dite Le Matériel téléphonique. — Perfectionnements dans les appareils de commutation pour interconnexion des lignes d'un réseau téléphonique, 24 septembre 1912.

450030. Société anonyme Westinghouse. — Système de commande des moteurs électriques, 20 mai 1912.

450070. Keller-Dorian. — Dispositif pour l'obtention de deux courants induits simultanés dans les magnétos à inducteur et induit fixes, 8 janvier 1912.

450085. Gross. — Pile thermoélectrique, 31 octobre 1912.

450091. Ragoen. — Dispositif pour le démarrage de moteurs électriques, 31 octobre 1912.

450173. Gratzmuller. — Dispositif de freinage avec récupération d'énergie, au moyen de moteurs monophasés à collecteurs à caractéristique série, 6 novembre 1912.

16616+443744. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Procédé de compoundage des moteurs alimentés au moyen d'un couplage Léonard, 26 décembre 1911.

16638+417189. Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est. — Couplages variables dans les moteurs à collecteur, 21 octobre 1912.

16639+434887. Siemens-Schuckert. — Dispositif pour la régulation du champ d'inversion dans les machines à courant continu, 21 octobre 1912.

16644+393403. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Perfectionnements aux méthodes de ventilation des moteurs électriques fermés, 22 octobre 1912.

450086. Société Gordon Electric et Manufacturing C°. —

450112. Société The Silica Syndicate Ltd. — Perfectionnements dans les articles en verre siliceux comportant une combinaison avec eux des fils de prise de courant 2 novembre 1912.

16646+421392. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Nouvelle résistance électrique à base de bore et de carbone, 25 octobre 1912.

450065. Nodon et Lecadre. — Procédé d'électrodéposition des métaux, 8 janvier 1912.

450095. Plaisant. — Dispositifs pour la production, la transformation et l'utilisation d'ondes électriques, 31 octobre 1912.

16618+445309. Triquet. — Système de lampe à vapeurs mercurielles s'allumant par rotation autour d'un axe.

450474. Stephenson. — Instrument complémentaire à signaux manœuvré à l'aide d'une seule main, 12 novembre 1912.

450475. Mambret. — Dispositif annonciateur d'attente pour installations téléphoniques, 12 novembre 1912.

450382. Société anonyme pour l'exploitation des procédés Westinghouse Leblanc. — Nouvel alternateur auto-excitateur à fréquence variable à volonté, 9 novembre 1912.

450450. Siemens-Schuckert. — Commutatrice avec dynamo additionnelle à courant alternatif mécaniquement accouplés, etc., 12 novembre 1912.

16660+450030. Société anonyme Westinghouse. — Système de commande des moteurs électriques, 21 mai 1912.

16661+449718. Routin. — Accouplement électrique, 6 juin 1912.

16671+383237. Compagnie générale Electrique. — Système de dynamos et électro-moteurs à ventilation forcée, 31 octobre 1912.

450253. Kramer. — Coffret de dérivation pour canalisations électriques, 11 octobre 1912.

450280. Féry. — Galvanomètre amorti à aimants mobiles, 29 octobre 1912.

450316. Montet. — Tambour de distribution et tableau de commande applicables aux installations d'éclairage des voitures automobiles, 7 novembre 1912.

450364. Siemens-Schuckert. — Relais à mercure, 9 novembre 1912.

Nouvelles Sociétés. — *Société anonyme S. V. E.* — Ancienne Société des Verreries pour l'éclairage, 22, rue de la Folie-Méricourt, Paris, 10 ans, 500 000 fr.

Société anonyme dite « Compagnie de distribution de force et de lumière. — 27, rue Taitbout, Paris, 75 ans, 500 000 fr.

Société en nom collectif J. Suzanne et A. Myffre. — Fournitures pour l'électricité, 19, rue de la Providence, à Marseille, 10 ans, 86 545 fr.

Société en nom collectif Ginet et Cie. — Éclairage par le gaz et travaux d'électricité, 12, boulevard Saint-Germain, Paris, 15 ans, 100 000 fr, dont 50 000 fr par la commandite.

Société anonyme de l'accumulateur Robust. — Siège social : Clos-Lisieux (Calvados). Durée : 25 années. Capital social : 400 000 fr.

Société bretonne d'électricité. — 19, rue Louis-le-Grand, Paris, 99 ans, 500 000 fr.

PETITES NOUVELLES.

Nouvelles installations.

Lure (Haute-Saône). — On annonce que le réseau électrique est en exploitation depuis quelques jours. L'éclairage public commencera à fonctionner le 1er août.

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Romilly-sur-Seine (Aube). — La Municipalité étudie plusieurs projets qui lui ont été présentés pour l'installation de l'électricité.

Ancenis (Loire-Inférieure). — La Société Carpentier et Rivière aurait soumis à la Municipalité un projet d'installation de l'éclairage électrique.

Saintes (Charente). — Des pourparlers seraient engagés entre la Municipalité et le Centre électrique pour l'installation de l'éclairage électrique.

Marlieux (Ain). — Des pourparlers seraient engagés entre l'Union électrique et le Conseil municipal pour l'éclairage électrique.

Perros-Guirec (Côtes-du-Nord). — On annonce qu'un accord est intervenu entre la Municipalité et l'Omnium français d'électricité pour l'installation de l'éclairage électrique.

Saint-Benoist-sur-Loire (Loiret). — Le Conseil municipal a, paraît-il, accepté les offres de MM. Chollet et Wallut pour la distribution de l'énergie électrique dans la localité.

Blanzy (Saône-et-Loire). — Le traité avec la Compagnie du gaz pour l'éclairage électrique de la ville aurait été approuvé par la Municipalité.

Saint-Leu (Algérie). — Le projet de concession de distribution d'énergie électrique présenté par la Société des exploitations électriques va être soumis à l'enquête.

Villeroy (Seine-et-Marne). — Le Conseil municipal a reçu, paraît-il, diverses propositions pour l'installation de l'éclairage électrique dans la commune.

Boissy-L'Aillerie (Seine-et-Oise). — Une Commission serait chargée d'étudier la question de l'installation électrique dans la commune.

Uzès (Gard). — Le Conseil municipal aurait décidé de traiter avec le Sud-Électrique pour l'éclairage électrique de la ville.

Castelsarrasin (Tarn-et-Garonne). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans la ville.

Saint-Louis (Algérie). — La Municipalité aurait reçu une demande de concession de distribution d'énergie électrique de la Société les Exploitations électriques.

Mallemort (Bouches-du-Rhône). — M. Castagnier, ingénieur-électricien aurait obtenu la concession de l'électricité.

Villemandeur (Loiret). — L'Énergie industrielle aurait présenté une demande de concession de distribution d'énergie électrique.

Janvry (Marne). — La Municipalité a, paraît-il, accueilli favorablement la demande de concession de la Société générale d'énergie électrique.

Lent (Ain). — Un projet d'installation d'éclairage électrique serait actuellement à l'étude.

Lalleyriat (Ain). — Le Conseil municipal a, paraît-il, décidé de traiter avec M. Montonge, industriel, pour la fourniture du courant électrique.

Melay (Saône-et-Loire). — Le Conseil municipal aurait voté le principe de l'installation de l'éclairage électrique dans la commune.

Vitry-aux-Loges (Loiret). — On annonce que le Conseil municipal aurait adopté la proposition de la Société Lefebvre pour l'éclairage électrique de la localité.

Comines (Nord). — La Société Électricité et Gaz du Nord aurait demandé la concession de l'électricité.

Wervicq (Nord). — La Société électricité et gaz du Nord aurait demandé la concession d'une distribution d'énergie électrique.

Loisy-sur-Marne (Marne). — La Société Meuse et Marne aurait obtenu la concession de l'éclairage électrique.

Nantiat (Haute-Vienne). — La Municipalité a, paraît-il, accepté la proposition de la Compagnie du Centre-Ouest.

La Loupe (Eure-et-Loire). — M. Tonche aurait soumis un projet à la Municipalité pour l'éclairage électrique de la commune.

Corbeilles (Loiret). — Une enquête va être ouverte sur le projet d'installation de la distribution de l'énergie électrique présenté par la Société l'Énergie industrielle.

Le Poizat (Ain). — Le Conseil municipal aurait accepté en principe le projet présenté par M. Montanye pour la distribution de l'énergie électrique.

Tonnerre (Yonne). — MM. Camus frères ont présenté une demande de concession de la distribution de l'énergie électrique qui a été renvoyée à la Commission d'éclairage.

Châtenay (Seine). — Le Conseil municipal aurait approuvé le traité relatif à la concession de la distribution de l'énergie électrique passé avec la Compagnie Georgi.

Pélissanne (Bouches-du-Rhône). — Le Conseil municipal a, paraît-il, adopté le système de la régie avec courant fourni par la Société l'Énergie électrique de la Brillanne.

Monesties (Tarn). — Le Conseil municipal aurait accordé à la Société pyrénéenne d'énergie électrique la concession de la distribution de l'énergie électrique dans la commune.

Ax-les-Thermes (Ariège). — Le Conseil municipal aurait reçu une demande de concession pour l'éclairage électrique.

Charenton (Seine). — Le Conseil municipal a, paraît-il, approuvé la concession d'une distribution d'énergie électrique présentée par le Secteur de la Rive gauche.

Corbonod (Ain). — La Municipalité aurait décidé de s'adresser à la Société des forces motrices du Haut-Rhône pour l'installation d'une distribution d'énergie électrique.

PETITES NOUVELLES (*Suite et fin*).

Nogent-en-Bassigny (Haute-Marne). — On annonce que la concession d'une distribution d'énergie électrique a été accordée à Mme Rémond.

Sardent (Creuse). — On projette de construire au lieudit La Mouline, une usine électrique pour l'alimentation de Sardent et des communes environnantes.

Senouillac (Tarn). — La Municipalité a, paraît-il, traité avec la Compagnie Belfortès pour une distribution d'énergie électrique.

Saint-Laurent (Ain). — La Municipalité aurait reçu de la Société du Gaz un projet d'installation d'éclairage électrique.

Divers.

Congrès international d'Électricité de San-Francisco. — M. Mailloux, futur Président de l'American Institute a remis au Président de la Société internationale des Électriciens, de la part du Président de l'Exposition universelle de Panama Pacifique, qui se tiendra en 1915, à San-Francisco, à l'occasion de l'ouverture du canal, une invitation à réunir les électriciens dans cette ville en 1915.

Un Comité spécial international organisera les détails du voyage. On projette de fréter un navire qui prendrait à son bord les ingénieurs d'Europe pour les emmener directement à San-Francisco par le canal nouvellement ouvert. Ceux qu'attireront cette occasion, évidemment unique, peuvent dès maintenant se faire inscrire à notre siège social ou se mettre en rapports avec M. Garfield, Ingénieur de la Compagnie Thomson-Houston et qui représente en France le Comité de l'Exposition.

Tramways de l'Est-Parisien. — Après des essais comparatifs sur divers types de moteurs, la Compagnie des Tramways de l'Est-Parisien a confié à la Société anonyme Westinghouse, la commande de 100 moteurs de 50 chevaux, n° 307, à pôles de commutation et contrôle par le champ. Elle a également commandé des équipements de contrôle multiple Westinghouse HL. non automatique, type nouveau, dont le développement est considérable en raison de ses nombreux avantages.

Usines génératrices hydrauliques en projet sur l'Isère. — La Société des Forces motrices du Rhône se propose d'utiliser quelques chutes d'eau très importantes de l'Isère, en Tarentaise. Ces chutes, situées entre Tignes et Séez, ont, au total, une puissance de 28 000 à 30 000 chevaux sur l'arbre des turbines pendant les plus basses eaux d'hiver. Pendant l'été, la puissance disponible dépasse largement 70 000 chevaux. La hauteur totale de chute atteint 800 m environ.

Nouvel abrasif à l'alumine : l'Electrit. — L'*American Machinist* signale un nouvel abrasif obtenu en fondant l'alumine pure dans un four électrique à une température voisine de 3000°. Son poids spécifique est moins élevé que celui de l'émeri et que celui du corindon, mais sa dureté est beaucoup plus grande : il occuperait le rang 9,25 dans l'échelle de dureté admise qui a 10 pour maximum.

Les grains d'électrit, à peu près amorphes, résistent à la pression et aux chocs, étant élastiques et non cassants. Pour les employer, on les noie dans une pâte céramique dont on fait des meules; l'humidité ne les attaque pas et l'on peut les employer pour meuler, soit mouillées, soit à sec.

Extraction électrolytique du cuivre de ses minerais. — D'après *Mining and Engineering World*, l'extraction électrolytique du cuivre de ses minerais est pratiquée depuis plusieurs mois à Aamdal, en Norvège, où des installations sont en construction pour porter la production à 3 tonnes de cuivre par jour.

Le procédé employé est dû à l'ingénieur norvégien V. Hybinethe. Il consiste à traiter le minerai par l'acide sulfurique et à soumettre à l'électrolyse la solution obtenue.

Des essais faits sur des minerais provenant des mines d'Orkla et Sulitjelma ont donné des résultats qui sont, paraît-il, très satisfaisants et l'on se propose de traiter par le procédé Hybinethe la production de ces mines qui, jusqu'ici, était envoyée en Suède et en Allemagne pour le traitement métallurgique.

Transport de force. Calculs techniques et économiques des lignes de transport et de distribution d'énergie électrique, par C. LE ROY, ingénieur électricien, ancien élève de l'École Polytechnique et de l'Institut électrotechnique de Montefiore; 2 Vol., 16,5 × 25 cm, de 1 à 172 et de 1 à 143 pages, avec 52 et 55 figures dans le texte et 3 planches. Librairie scientifique, A. Hermann et fils, 6, rue de la Sorbonne, Paris. Prix de chaque Volume broché, 6 fr.

Pour le lecteur français la publication de cet Ouvrage répondait à un véritable besoin, car notre littérature scientifique ne possédait encore aucune monographie spécialement consacrée aux calculs techniques et économiques des transports d'énergie par courants alternatifs. M. C. Le Roy a comblé cette lacune de la façon la plus heureuse, tant par la clarté de son exposition que par le soin méticuleux qu'il a apporté à tenir son Livre au courant des plus récents travaux théoriques et expérimentaux concernant les lignes électriques, soit aériennes, soit souterraines. Voyons d'ailleurs comment l'auteur s'exprime dans la Préface : « En rédigeant ce petit Ouvrage, je me suis proposé de présenter, d'une façon assez complète et cependant élémentaire, les méthodes de calcul technique et économique des lignes de transport et de distribution, par courants alternatifs. Une place importante a été réservée à l'exposition des procédés permettant de faciliter et de simplifier les calculs exacts de lignes; de nombreux emprunts ont été faits, à ce sujet, à la littérature technique étrangère.

» Les exemples numériques ont souvent été choisis avec l'intention de préparer une étude économique du transpor de force par courants polyphasés. Cette étude, qui fera l'objet d'une publication ultérieure, consistera particulièrement à chercher comment il est possible de choisir, prédéterminer ou améliorer les diverses constantes qui influencent la prospérité d'une entreprise de transport de force.

» M. A. Blondel, M. le professeur Sender et M. l'ingénieur Semenza ont bien voulu m'autoriser à reproduire ou utiliser quelques-unes de leurs belles études. »

Le Tome premier contient neuf Chapitres dont les quatre premiers sont consacrés aux calculs économiques : Considérations déterminant le choix de la section des conducteurs. Étude détaillée de la règle de sécurité. Étude détaillée de la règle de bon service. Étude détaillée de la règle d'économie. En parcourant le paragraphe où l'auteur traite de l'échauffement des câbles, nous avons constaté que les conceptions de Teichmüller, Human, Kennelly, et surtout les expériences de M. Leo Lichtenstein étaient développées à point pour les besoins des ingénieurs. Les autres Chapitres de ce Tome premier et tout le Tome second contiennent les données relatives au calcul proprement dit des lignes de transport et de distribution : Résistance. Calcul des lignes en tenant compte seulement de la résistance. Inductance. Calcul des lignes de transport et de distribution en tenant compte de l'inductance. Outre des Tables insérées dans le texte, on trouvera à la fin du premier Volume les abaques de l'ingénieur Semenza pour le calcul de l'inductance ωL_s d'un fil de ligne et les abaques de MM. Pender et Thomson pour la détermination des chutes relatives d'impédance

$$\left(\frac{zi}{u}\right) \times 100.$$

Avec le Tome second nous abordons l'étude de la capacité et des pertes que l'auteur a simplifiée en utilisant la notion de capacitance, produit de la pulsation ω par la capacité et égale au quotient du courant de capacité par la tension efficace, et en introduisant par analogie la notion de perditance (ou conductance), quotient du courant de perte par la tension appliquée. Cette figuration admise pour les pertes suppose que les pertes de puissance à travers l'air et à travers l'isolant sont proportionnelles au carré du voltage ou bien que le courant de perte est proportionnel au voltage. Pour les étudiants électriciens, la détermination des capacités des lignes est une question du plus haut intérêt; l'auteur a parfaitement ménagé la transition entre la partie théorique et la partie technique, en partant de la théorie des images électriques et des équations de Maxwell établissant une relation linéaire entre les potentiels et les charges pour aboutir aux formules diverses des capacités des lignes.

Ces pertes par effluves à travers l'air sur les lignes à haute tension ont fait l'objet de travaux nombreux surtout de la part des ingénieurs américains qui ont désigné le phénomène sous le nom de « pertes par effet corona ». Nous rappellerons que M. Ryan en a donné une explication basée sur la théorie des ions et des électrons et que MM. Whitehead, Faccioli et Peek notamment ont établi les lois qui régissent la formation de la couronne lumineuse. Traitée bien des fois dans *La Revue électrique*, cette question exigeait pourtant une mise au point que l'auteur a réalisée avec la haute compétence qui caractérise l'Ouvrage entier; adaptée aux idées modernes, elle ne peut manquer d'intéresser les techniciens; nous dirons même qu'ils doivent en faire une étude approfondie.

Après avoir ainsi défini les constantes électriques d'un réseau, il n'y a plus aucune difficulté à traiter le calcul des lignes de transport d'énergie en tenant compte de la capacité et de la perditance uniformément réparties. Pour cette partie, l'auteur s'est inspiré des travaux de M. Blondel et a développé parallèlement les méthodes graphiques et algébriques; on trouvera à la fin du Tome second des abaques pour le calcul des constantes kilométriques d'un fil de ligne aérienne : 1° coefficient de self-induction apparente et inductance; 2° coefficient de capacité apparente et capacitance.

B. K.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES (1)

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Force Motrice. — *Oscillations dans les conduites d'eau des turbines dans le cas où la résistance est proportionnelle au carré de la vitesse*; R. Grammel (*Phys. Zeits.*, 1er janvier 1913, p. 20-21).

La théorie du coup de bélier dans les conduites d'eau; L. Allievi (*Atti d. Ass. Elett. Italiana*, 28 février 1913, p. 127-149). — S'appuyant sur des formules générales du mouvement de l'eau dans les conduites, qu'il a établies antérieurement (*Atti* 1903), l'auteur arrive à la conclusion que tous les phénomènes de coup de bélier produits par des variations d'ouverture d'une vanne sont régis par une formule relativement simple. Dans le cas où la variation de l'orifice d'écoulement suit une loi linéaire, les phénomènes ne dépendent plus que de deux paramètres et peuvent, dès lors, donner lieu à des représentations graphiques qui fournissent des aperçus synthétiques très intéressants. L'auteur se propose d'appliquer sa méthode à l'étude détaillée des coups de bélier de fermeture et d'ouverture, des phénomènes de résonance, des lois de variation de la force vive du jet ainsi qu'à d'autres phénomènes qui se rattachent à l'emploi des conduites forcées dans les installations de force motrice.

Les récents perfectionnements des turbines à vapeur; H.-T. Herr, vice-président et directeur général de la Westinghouse Machine Company (*Journ. of Franklin Institute*, février 1913, p. 91-129). — Dans cette importante communication, dont la première partie seule est publiée, l'auteur décrit les types principaux des turbines; 30 figures illustrent cette description.

Sur une cause d'explosion de chaudière; L. Lecornu (*C. R. Acad. des Sciences*, 17 février 1913, p. 504-506). — Une explosion de chaudière servant au chauffage par l'eau chaude, survenue le 17 décembre, blessa sept personnes et produisit des dégâts importants. La chaudière étant en communication avec l'air libre par un tuyau d'alimentation de 2 cm de diamètre partant de sa partie inférieure et aboutissant à un bac placé dans les combles à 25 m plus haut, on peut se demander comment a pu naître une surpression capable de déterminer l'accident. C'est la réponse à cette demande que donne M. Lecornu.

Machines dynamo-électriques. — *Commutation et pôles de commutation*; Ludwig Binder (*E. u. M.*, 2 et 9 mars 1913, p. 177-184, 206-212). — Après avoir rappelé les travaux antérieurs sur cette question et démontré qu'une étude exacte du phénomène au moyen de l'équation différentielle n'a aucune chance d'aboutir, l'auteur cherche à établir une théorie élémentaire du problème en faisant abstraction de toute notion de self-induction et d'induction mutuelle et en ne considérant que les actions des courants de court-circuit de forme linéaire.

La commutation dans les machines à courants continus et à courants alternatifs (appendice); Marius Latour (*Bull. Institut Montefiore*, t. XII, n° 10, 1912, p. 439-459).

Détermination des facteurs de correction des pertes de charge de machines dynamo-électriques; E.-M. Olin et S.-L. Henderson (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 521-547).

La commutation et la perte par les balais; C.-E. Wilson (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 639-649).

Méthodes de détermination des pertes aux balais dues au contact et au frottement; H.-R. Edgecomb et W.-A. Dick (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 449-463).

Frottement des balais et pertes au contact; H.-F.-T. Erben et A.-H. Freeman (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 369-377).

Les pertes accidentelles dans les machines à courant continu; (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 281-291).

Détermination du facteur de Kapp pour des courants alternatifs de forme quelconque; Léopold Klein (*E. u. M.*, 9 mars 1913, p. 201-

(1) Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.

206). — La force électromotrice d'un alternateur est donnée par la formule $E = K\Phi_p fz\, 10^{-8}$, où K désigne le facteur de Kapp. Pichelmayer a donné les valeurs numériques de ce coefficient pour des champs rectangulaires, trapézoïdaux et sinusoïdaux; M. Klein généralise le problème et se propose de calculer le coefficient de Kapp pour un champ de forme quelconque.

La formation et la suppression des courants auto-excitateurs dans les machines triphasées à caractéristique série; L. Binder et E. Dyhr (*E. T. Z.*, 20 et 27 février 1913, p. 197-200, 241-244). — L'auteur étudie expérimentalement, sur un moteur triphasé à caractéristique série de Siemens-Schuckert, les conditions physiques d'auto-excitation, c'est-à-dire la possibilité de fournir des courants triphasés alors que le moteur est complètement séparé du réseau et ses bornes mises en court circuit. Alors, la machine s'excite d'elle-même comme une génératrice continue à caractéristique série et produit des courants dont la fréquence dépend du sens de la rotation et du calage des balais, et n'a, par contre, aucune relation avec celle du réseau. Le travail en récupération avec la fréquence du réseau et la production de courant par auto-excitation sont deux phénomènes physiquement très différents, bien que simultanés et superposés. Il est très important, pour les moteurs qui doivent travailler en récupération, c'est-à-dire avoir un couple de freinage régulier, que l'on arrive à supprimer complètement l'auto-excitation. Cette étude a été faite déjà par Rudenberg en 1911.

Le calcul des machines à courant alternatif; P. Boucherot. (*Industrie électrique*, 10 et 25 novembre 1912, p. 485-490 et 515-519); 25 décembre, p. 555-558; 10 et 25 janvier, 9-14 et 28-34). — Dans cette série d'articles, l'auteur publie quelques extraits de ses conférences à l'École supérieure d'Électricité. Il fait remarquer que l'origine de ces conférences remontant à près de 15 années, certains passages sont devenus classiques aujourd'hui; il les a cependant laissés dans ces extraits, car ils font corps avec l'ensemble du travail.

Notes sur les pertes accidentelles dans les machines synchrones; F.-R. Braimart (*P. A. I. E. E.*), février 1913, p. 547-553).

Distortion de la forme de l'onde et son influence sur les appareils électriques; P.-M. Lincoln (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 377-389).

Les pertes dans les génératrices à courant alternatif; W.-F. Foster et E. Knowlton (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 145-163).

Ondes de tension d'alternateurs; W.-J. Foster (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 207-225).

La régulation des alternateurs; Soren H. Mortensen (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 291-299).

Détermination expérimentale de la régulation des alternateurs; A.-B. Field (*P. A. I. E. E.* février 1913, p. 599-607).

L'échauffement des appareils d'induction stationnaires; J.-J. Frank et W.-D. Dwyer (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 337-363).

Lois de la transmission de la chaleur dans les machines électriques; Irwing Langmuir (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 389-415).

Influence de la température ambiante sur l'échauffement des génératrices et des moteurs; Maxwell-W. Day et R.-A. Beekman (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 415-437).

Notes sur l'échauffement interne des bobines de stator; R.-B. Williamson (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 437-449).

Recherches expérimentales sur l'influence des conditions atmosphériques sur l'élévation de température; C.-B. Blanchard et C.-T. Anderson (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 463-477).

Influence de la température ambiante, de la pression atmosphérique et de l'état hygrométrique sur l'élévation de température des appareils électriques; C.-E. Skinner, L.-W. Chubb et Phillips Thomas (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 553-565).

Le turbo-convertisseur; F. Creedy (*J. I. E. E.*, février 1913, p. 213-240).

Turbo-générateur triphasé de 5000 kv-a *de la Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Ganz et C°*; K. Weltzl (*E. u. M.*, 2 mars 1913, p. 184-187). — Cette machine se distingue des types ordinaires à grandes vitesses de rotation en ce que son rotor est pourvu de pôles saillants et que l'enroulement excitateur est bobiné sur des gabarits qui sont enfilés sur les noyaux polaires; il offre sur les rotors cylindriques, dont le fil inducteur est logé dans de nombreuses encoches de la

périphérie, l'avantage d'une construction simple, d'un équilibrage facile et peu de chances de détérioration par suite du nombre réduit des connexions. En réalité, chaque pôle est double, de sorte que l'ensemble présente l'aspect d'un inducteur à huit pôles. La puissance de la génératrice est de 5000 kv-A, elle tourne à raison de 1500 t : m; sa fréquence est 50 p : s et sa f. é. m. varie entre 520 et 550 volts. Pour cos φ = 0,7, l'intensité du courant est de 5500 ampères. Les noyaux polaires ainsi que les gabarits sont constitués du meilleur acier Siemens-Martin; on a donné à ces gabarits une forme telle que leur partie saillante joue le rôle de pièces polaires; ils sont alors fixés aux noyaux par des vis qui s'enfoncent dans un taraudage pris moitié dans les noyaux, moitié dans les gabarits. L'enroulement est recouvert d'un agglutinant qui est fondu à haute température de façon que l'ensemble forme une masse bien compacte. Le diamètre du rotor est de 1154 mm; sa vitesse périphérique 87,5 m : s, ce qui correspond à une force centrifuge de 1400 kg pour une masse de 1 kg fixée au pourtour. La longueur du rotor est de 1290 mm. Celui-ci, dans les premiers modèles, était forcé sur l'arbre légèrement conique; actuellement, l'arbre et les pièces saillantes sont fondus d'une seule pièce; la carcasse du stator est aussi d'une seule pièce; son alésage est de 1160 mm; sa longueur, 1290 mm; on y a creusé 15 rainures de ventilation, ayant 10 mm de largeur, sauf la rainure médiane qui a 20 mm. Les barres induites qui ont 32 × 22 mm sont logées dans 72 encoches. Le poids de la génératrice, sans les paliers et sans la plaque de fondation, est de 29 tonnes, soit 5,8 kg pour 1 kv-A. Sur les dessins, on ne distingue pas très bien les dispositifs d'auto-ventilation; le rotor aspire l'air frais au dehors et l'air chaud est rejeté par les fondations; en charge normale, l'excès de température ne dépasse jamais 45°. L'excitatrice est calée sur l'arbre de la génératrice; sa puissance est de 30 kw. Signalons que tous les dispositifs indiqués dans l'article sont garantis par des brevets.

TRANSFORMATIONS. — *Pertes dans les transformateurs*; W.-W. LEWIS (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 477-505).

Méthodes pour la détermination de la température des transformateurs; M.-W. MC CONAHEY et C. FORTESCUE (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 505-521).

Méthodes pour la détermination de la température des transformateurs et du milieu refroidissant; S.-E. JOHANNESEN et G.-W. WADE (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 252-277).

Correction de la température d'un transformateur d'après la température ambiante; C. FORTESCUE (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 607-617).

Pertes accidentelles dans les transformateurs; C. FORTESCUE et W.-M. MC CONAHEY (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 307-323).

Essais des transformateurs; J.-J.-K. MADDEN (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 323-337).

Dispositions des enroulements des transformateurs triphasés; A. WILLAME (*Bull. Institut Montefiore*, t. XII, n° 10, p. 459-481).

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Sur l'inductance et la chute de tension des lignes aériennes pour courants triphasés; G. MARKOVITCH (*Bull. Institut Montefiore*, novembre 1912, publié le 1er février 1913, p. 491-536). — En se basant sur les diagrammes vectoriels des tensions et sur diverses formules du Mémoire, l'auteur arrive à une équation générale donnant l'impédance *Z* de conducteurs triphasés asymétriquement disposés. — Parmi les autres conclusions du Mémoire, nous signalerons les suivantes : 1° la résistance vraie *effective* du conducteur triphasé symétriquement disposé, qui est d'ailleurs identique à la résistance ohmique du conducteur, est égale à la composante de l'impédance produisant la perte en énergie, et la composante inductive *effective* est égale à la composante de l'impédance qui est en quadrature avec le vecteur du courant; 2° les mêmes conclusions subsistent pour les conducteurs triphasés asymétriquement disposés : pour ceux-ci, la résistance effective est de même égale à la composante de l'impédance qui produit la perte en énergie, et la résistance inductive effective est égale à la composante de l'impédance qui est en quadrature avec le courant; 3° tandis que la résistance effective des conducteurs triphasés symétriquement disposés

est une grandeur constante et égale à la résistance ohmique (le skin-effect n'étant pas pris en considération), la résistance effective des conducteurs triphasés asymétriquement disposés est, au contraire, une grandeur variable et dépendante (outre la forme du conducteur) des courants voisins; 4° tandis que l'énergie transformée en chaleur dans la résistance d'un conducteur triphasé symétriquement disposé est égale à $I^2 R$, l'énergie transformée en chaleur dans un conducteur asymétriquement disposé est $I^2 (R + \omega L \sin \delta)$, La quantité d'énergie électrique transformée en chaleur dans un conducteur asymétriquement disposé peut donc être plus grande ou plus petite que celle qui est transformée dans un conducteur asymétrique, les résistances ohmiques de ces conducteurs étant supposées les mêmes; 5° le calcul de la chute de tension le long d'un conducteur triphasé suivant la méthode exposée par l'auteur permet de se rendre compte de la puissance transmise par chaque conducteur triphasé, c'est-à-dire montre quel conducteur triphasé transporte le plus ou le moins d'énergie; 6° le calcul de l'inductance, d'après la méthode de la boucle, envisageant le flux magnétique entre deux conducteurs ne peut pas être pris en considération, car il ne peut déterminer ni la résistance effective, ni la résistance inductive effective, ni par conséquent la résistance apparente des conducteurs triphasés asymétriques; 7° on est dans l'obligation de faire toutes les études et tous les calculs respectivement pour chaque conducteur et pour chaque phase dans le cas d'un transport d'énergie par courants triphasés avec des conducteurs asymétriquement disposés l'un par rapport aux autres, si l'on veut déterminer la puissance totale transmise, laquelle est égale à la somme des puissances partielles transmises par les trois phases. Et, comme les puissances transmises par les conducteurs des trois phases sont inégales, il faut déterminer les constantes électriques des trois phases, ce qu'on ne peut obtenir avec la méthode de la boucle.

Sur quelques expériences effectuées en Haute-Silésie relativement à l'emploi de la mise à la terre comme moyen de protection dans les installations électriques; W. Vogel (*E. K. B.*, 4 et 14 janvier 1913, p. 7-14 et 21-27). — Dans les installations électriques importantes et en particulier dans les installations à haute tension, une mise à la terre convenablement exécutée des parties métalliques et des carcasses des machines et des appareils électriques s'est révélée comme le meilleur moyen de protection contre la pénétration du courant électrique à l'intérieur du corps humain. L'importance considérable et l'accroissement incessant du nombre des installations électriques en Haute-Silésie ont donné en cette région un développement considérable à l'emploi de la mise à la terre. La question de la mise à la terre a atteint dans les dernières années une si grande importance qu'à la dernière assemblée annuelle du V. D. E. une Commission spéciale a été instituée pour la vérification des mises à la terre et aussi pour l'étude du développement de cette question. L'auteur montre, d'après les résultats d'expériences effectuées en Haute-Silésie, comment on peut, en utilisant les bâtiments et certaines parties des machines et en employant du vieux matériel, réaliser soit lors de l'établissement de l'installation, soit lorsque celle-ci est déjà en service, des mises à la terre satisfaisantes et d'un prix peu élevé.

Convient-il de relier au sol ou d'isoler le point neutre; J.-S. Peck (*J. I. E. E.*, février 1913, p. 150-213).

L'échauffement des câbles sous courant; S. Dushman (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 145-163).

Spécification de l'intensité du courant dans les câbles; R.-W. Atkinson et H.-W. Fischer (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 565-575).

Lignes électriques d'intérêt commun de la Westphalie et de la province du Rhin; G. Pétri (*E. T. Z.*, 13 février 1913, p. 170-175). — Article purement descriptif donnant des renseignements sur le tracé des lignes, la longueur des parcours, la constitution des trains, les tarifs, etc.; il est complété par une carte et un grand tableau.

Projet de ligne de transmission de Trollhättan (Suède) à Copenhague (Danemark) (*Electrical World*, 8 février 1913, p. 294-297). — Les usines génératrices de Copenhague étant devenues insuffisantes, on a examiné la question de savoir s'il convenait d'édifier de nouvelles installations à vapeur ou de prendre une puissance d'environ 24 000 kw à l'usine hydraulique de Trollhattan, laquelle dispose de 100 000 chevaux. L'article indique les résultats de l'étude

de cette question faite par les ingénieurs danois et suédois. Ces résultats montrent qu'il est plus avantageux d'établir une ligne de transmission bien que sa longueur dépasse 320 km et qu'elle soit obligée de traverser un bras de mer. La tension proposée est de 90 000 volts; le système recommandé est le système par courant continu de Thury.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

Résistivité d'un petit nombre de métaux entre des limites de température très éloignées; Edwin F. Northrup et V.-A. Suydam (*Journ. of Franklin Institute*, février 1913, p. 153-163). — Le but des recherches, commencées par M. Northrup puis continuées en collaboration avec M. Suydam, était double. D'abord perfectionner une méthode permettant de mesurer la résistivité des métaux et alliages avec facilité, précision et rapidité entre la température de l'air liquide, et une température voisine du point d'ébullition de la substance étudiée, la même méthode pouvant s'appliquer aux sels fondus. En second lieu utiliser cette méthode pour obtenir des données numériques sur des métaux, alliages et sels fondus, bouillant au-dessous de 1500°, et en déduire les courbes de résistivité depuis 20° jusqu'à quelques degrés au-dessous du point d'ébullition. Des graphiques et des tableaux résument les résultats obtenus.

La résistance des électrolytes; S.-W.-J. Smith et H. Moss (Communication faite à la Physical Society de Londres, séance du 24 janvier 1913). — Les auteurs montrent que la méthode de Wien ne peut déceler si la résistivité d'un électrolyte dépend de la fréquence des courants auxquels il est soumis, à moins que les pertes à travers les condenseurs électrolytiques soient négligeables ou prises en considération. Pour enlever les doutes qui pèsent sur leurs expériences exécutées par cette méthode, les auteurs ont repris l'étude de la question par une méthode simple et directe. Elle repose sur la mesure simultanée du voltage entre les extrémités d'un tube contenant l'électrolyte et du courant qui le traverse. Le premier est déterminé par un voltmètre électrostatique d'Ayrton-Mather relié à des électrodes auxiliaires, et le second par un thermogalvanomètre de Duddell. Dans les cas examinés, la résistivité de l'électrolyte est restée constante à 0,05 pour 100 près pour des courants continus et des courants de fréquence variable jusqu'à 2300 altérations par seconde.

L'aimantation des aimants permanents; S.-P. Thompson (*J.I.E.E.*, février 1913, p. 80-150).

La théorie électronique du magnétisme; Elmer H. William (*University of Illinois Bulletin*, n° 10, novembre 1912). — Dans cet important Mémoire qui n'occupe pas moins de 66 pages, l'auteur commence par rappeler brièvement les travaux de Voigt, J.-J. Thomson, Langevin, Weiss, etc., qui ont montré que l'on pouvait expliquer les phénomènes généraux du magnétisme en supposant que les courants moléculaires d'Ampère sont dus à des électrons en rotation. Il développe ensuite l'exposé de la théorie électronique, puis décrit les phénomènes dont cette théorie donne, dans son état actuel, une explication satisfaisante.

Théorie électronique de la phosphorescence; Chester A. Butman (*Physical Review*, février 1913, p. 154-161).

La position des radio-éléments dans le système périodique; K. Fajans (*Phys. Zeits.*, 15 février 1913, p. 136-142). — Cette question a été traitée déjà par G. von Hevesy dont nous avons analysé le travail dans la *Littérature des Périodiques* du 7 mars dernier, page 67; en se basant sur la valence des éléments, il est arrivé à placer Ra B et Ra D dans la quatrième colonne verticale entre le plomb et le thallium. — Dans les trois séries de transformations radioactives connues, les produits qui présentent les mêmes propriétés radioactives se correspondent aussi au point de vue chimique; ce qui revient à dire que la succession suivant laquelle les transformations radioactives parcourent les groupes verticaux du système périodique est la même pour les trois séries; mais, jusqu'ici on n'était pas parvenu à fixer ces groupes pour toutes les transformations. L'auteur commence par démontrer la loi suivante :

Digitized by Google

Toute transformation radioactive accompagnée d'une émission α correspond à un déplacement de droite à gauche de deux groupes sur une ligne horizontale du système périodique; une transformation avec émission de rayons β correspond, au contraire, à un déplacement de gauche à droite d'un groupe sur une même ligne horizontale. La classification serait alors la suivante :

0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	Au...... 197,2	Hg...... 200,6	Tl....... 204,4	Pb...... 206,5	Bi....... 208,4	
			Act D... 206,5	Th D_2.... 208,4	Ra E.... 210,5	
			Th D.... 208,4	Ra D.... 210,5	Act C.... 210,5	Ra F..... 210,5
			Ra C_2.... 210,5	Act B.... 210,5	Th C_1.. .. 212,4	Th C_2.... 212,4
				Th B.... 212,4	Rad C_1... 214,5	Ra C'.... 214,5
				Ra B..... 214,5		Act A.... 214,5
				Rad Act.. 226,5		Th A..... 216,4
		Act X.... 222,5		Rad Th.. 228,4		Ra A.... 218,5
Act Em.. 218,5	Act X_2... 218,5	Th X.... 224,4	Actinium 226,5	Io....... 230,5	Ur X_2.... 234,5	Ur II.... 234,5
Th Em... 240,4	Th X_2.... 220,4	Ra...... 226,5	Meso Th II 228,4	Th...... 232,4		Ur I..... 238,5
Ra Em.. 222,5	Ra X.... 222,5	Meso Th I 228,4		Ur X..... 234,5		

Relation entre la nature d'une transformation radioactive et les propriétés électrochimiques de l'élément considére; K. Fajans (*Phys. Zeits.*, 15 février 1913, p. 131-136). — On définit généralement les propriétés électrochimiques des substances radioactives dont on ne possède que de très petites quantités; d'abord d'après la facilité avec laquelle elles sont déplacées par un métal plongé dans la solution d'un de leurs sels, et ensuite, d'après la façon dont ils se comportent dans l'électrolyse. Ainsi, E. Meyer et von Schweidler ont montré que si une solution de Ra F + Ra E + Ra D est traversée par des courants d'intensité croissante, Ra F se dépose le premier à la cathode, puis Ra E et enfin Ra D; cela revient à dire que Ra F est le plus électronégatif ou le plus noble de ces trois métaux. En se basant sur les résultats expérimentaux assez nombreux que nous possédons aujourd'hui, R. Lucas avait formulé cette loi que toute transformation radioactive conduit à un produit qui, au point de vue électrochimique, est plus noble que la substance mère, c'est-à-dire se déposera à la cathode pour une intensité de courant moindre. Mais l'auteur, d'une part, et G. von Hevesy, d'autre part, ont montré, indépendamment l'un de l'autre que la véritable loi était la suivante : Dans une désagrégation radioactive accompagnée d'une émission β, le produit résultant est toujours plus électronégatif que la substance mère; mais si la transformation est accompagnée d'une émission α, le produit résultant est moins électronégatif que la substance mère. Le but de la présente communication est précisément de démontrer l'exactitude de cette loi, en se basant sur les propriétés actuellement connues des corps radioactifs. Une difficulté se présente dans les cas où la désintégration se fait avec le double rayonnement α et β; ainsi, le radium donne

l'émanation avec émission de rayons α et β ; il en est de même du thorium X $\overset{\alpha\beta}{\rightarrow}$ thoriumémanation; on sait maintenant qu'un rayonnement complexe correspond effectivement à plusieurs transformations: alors l'auteur admet que le rayonnement α conduit aux métaux alcalins moins nobles, tandis que ceux-ci se décomposeraient ensuite en émettant des rayons β.

Sur quelques relations existant entre les éléments radioactifs qui émettent des rayons α; Richard SWINNE (*Phys. Zeits.*, 15 février 1913, p. 142-145).— Entre la constante de radioactivité λ (inverse de la vie moyenne ou coefficient de la formule $q = q_0 e^{\lambda t}$) et la vitesse v_α des rayons α existe une relation quantitative qui peut être exprimée par plusieurs formules très concordantes dans leurs résultats. Tout d'abord, Geiger et Nuttall ont montré que l'on avait

$$\log \lambda = A + Bv_\alpha,$$

et l'auteur lui-même a établi la relation

$$\log \lambda = a + bv_\alpha^n.$$

Dans ces formules, A et a sont constants pour les éléments d'une même série, tandis que B et b sont des constantes générales. Pour les séries uranium, thorium, actinium, $B = 156$, d'après Geiger et Nuttall; tandis que A est successivement égal à (— 43,1), (—44,0) et (— 45,2); pour la deuxième formule, on trouve $b = 42,5$ et a successivement égal à (— 79,5), (— 80,7) et (— 82,7). Enfin d'après Wilson on aurait entre la constante de radioactivité λ et la vitesse v_α une relation répondant à la formule

$$\log \lambda - \log v_\alpha = k_1 + k_2 v_\alpha^{-2},$$

où k_1 est encore constant pour les éléments d'une même famille, et k_2 serait une constante générale, mais l'auteur a vérifié que les valeurs qui convenaient le mieux à ces constantes étaient : série de l'uranium, $k_1 = 25,3$ et $k_2 = -93,3$; série du thorium, $k_1 = 28,0$ et $k_2 = -105$; série de l'actinium $k_1 = 31,8$ et $k_2 = -122$. Ces trois formules donnent des valeurs très concordantes pour la vitesse v_α et qui se rapprochent de celles trouvées expérimentalement par Geiger et Nuttall; ce résultat provient sans doute des faibles variations de v_α d'un élément à un autre. Il resterait à prouver que les formules sont applicables aux éléments C_2 caractérisés par des valeurs de v_α plus grandes. L'autre a encore comparé les différences des vitesses de deux radio-éléments d'une même famille à celles des radio-éléments d'une autre famille ayant même rayonnement α; ou, autrement dit, la différence entre la vitesse v_α d'un élément à rayonnement α d'une famille et la vitesse de l'élément analogue d'une autre famille est sensiblement constante. Par suite de quelques exceptions à ces lois, l'auteur a pensé qu'il y aurait lieu de proposer un nouveau classement surtout des termes inférieurs des séries; dans la série du radium, il n'y aurait qu'à permuter la position de Ra C' et Ra C_2 du schéma de Fajans indiqué dans *la Revue électrique* du 6 décembre 1912, page 503.— La formule de Swinne appliquée successivement aux séries du radium et de l'actinium donne la relation

$$\log \frac{\lambda}{\lambda'} = a - a' + b(v_\alpha - v'_\alpha),$$

c'est-à-dire que les constantes radioactives des produits analogues au point de vue du rayonnement α sont dans un rapport constant, qui, pour les deux familles ci-dessus, est égal à $1,3 \times 10^{-5}$ au lieu de $1,2 \times 10^{-5}$ par détermination directe. Pour la famille du radium et celle du thorium on trouve que ce rapport est égal à $4,8 \times 10^{-5}$ en moyenne, les rapports individuels présentant des différences assez grandes avec cette moyenne. Malgré tout, la loi du quotient permet de trouver au moins des valeurs approchées de la constante de radioactivité.

Une détermination du frottement interne de l'air; L. GILCHRIST (*Phys. Zeits.*, 15 février 1913, p. 160-165).— Si nous signalons ce travail qui semble sortir du cadre électrique, c'est parce que le professeur R.-A. Milikan, de l'Université de Chicago, a montré que la précision avec laquelle on pouvait déterminer la charge élémentaire n'était limitée que par la précision elle-même avec laquelle on arriverait à mesurer le coefficient de viscosité de l'air. Enfin, d'autres physiciens ont établi une relation entre la température, la pression et le frottement interne, en sorte qu'il paraît très important d'évaluer cette constante avec la plus grande précision possible. Nous le représenterons par η. La méthode la plus

recommandable pour cette détermination est celle de la déviation constante, déjà employée par Zemplèn; celui-ci utilisait deux sphères concentriques, séparées par un léger intervalle d'air; mais l'auteur a préféré expérimenter avec deux cylindres concentriques comme étant le dispositif le plus simple et se traduisant par une formule rigoureusement exacte. Le cylindre intérieur fixe ou plutôt qui est entraîné par frottement de l'air est porté par une suspension bifiliaire; le cylindre extérieur est mobile et tourne sous l'action d'un mouvement d'horlogerie. Représentons par : a, le rayon du cylindre intérieur; l, sa longueur; I, son moment d'inertie; T, sa période; φ, l'angle dont il tourne (mesuré avec une lunette et une échelle); b, le rayon du cylindre extérieur; ω, la vitesse angulaire de ce dernier. On a

$$\eta = \frac{\pi \varphi J(b^2 - a^2)}{a^2 b^2 T^2 \omega l}$$

ou

$$\eta = \frac{Kst}{dT^2},$$

où d est la distance de l'échelle au miroir; s, la déviation sur l'échelle égale $2\varphi d$, et $t = \frac{2\pi}{\omega}$, la durée d'un tour du cylindre extérieur. En opérant à différentes vitesses, c'est-à-dire pour des valeurs de t comprises entre 30, 89 et 184,88 secondes, l'auteur a trouvé des valeurs de η, calculées à l'aide de la formule ci-dessus, très concordantes dont la moyenne a donné

$$\eta = 1812,2 \times 10^{-7},$$

avec une erreur probable moindre que $1,3 \times 10^{-7}$. D'ailleurs, l'ensemble des erreurs d'observations est tel que ce nombre lui paraît représenter le coefficient de frottement de l'air à 20°,2 C. avec une erreur qui ne dépasse vraisemblablement pas 0,2 pour 100. La présence d'humidité dans l'air, jusqu'à la proportion de 60 pour 100, n'influe pas sur la valeur du coefficient; à la saturation, l'effet se traduit par une augmentation de η de 0,3 pour 100 au maximum. Le travail de A.-M. Milikan est indiqué dans *La Revue électrique* du 17 janvier 1913, page 75. Quant aux expériences de Zemplèn, elles ont donné pour le coefficient de viscosité η le nombre 1794×10^{-7} avec une erreur possible de 1 pour 100.

VARIÉTÉS.

Les tarifs de l'usine génératrice de Christiania; NORBERG-SCHULZ (*E. T. Z.*, 9 janvier 1913, p. 39-40).— Il y avait au 1er août 1912 4000 maisons reliées au réseau électrique, formant un total de 17 277 abonnés. La ville compte environ 7000 maisons. L'énergie est vendue aux conditions suivantes : tarif à forfait, sans contrôle, 6584 abonnés; tarif à forfait avec limiteur de courant, 5905 abonnés; tarif à forfait avec limiteur de courant et compteur, 672 abonnés; tarif au compteur, 4112 abonnés. Dans la première catégorie ne sont admis que les abonnés qui consomment moins de 300 watts; la deuxième et la troisième catégories ne comprennent que des habitations privées à l'exclusion de toute industrie; en sorte que 75 pour 100 des abonnés sont soumis au tarif à forfait. La valeur de la puissance reliée pour les 6584 petits clients qui marchent sans aucun contrôle est vérifiée de temps en temps par deux inspecteurs. On a trouvé ainsi, sur les 2193 installations contrôlées du 2 janvier au 31 août 1912 et représentant une puissance totale de 365 kw, que 496, soit 22,6 pour 100, avaient une capacité qui dépassait de 4 pour 100 la puissance forfaitaire et que 209 étaient environ 1,3 pour 100 au-dessous de la puissance forfaitaire. Comme, en général les limiteurs sont réglés à 5 pour 100 au-dessus de l'intensité contractuelle, il en résulte que l'usine n'a jamais été lésée dans ses intérêts. Pour ces 2193 abonnés, la puissance reliée est en moyenne 167 watts, c'est-à-dire qu'il s'agit de minimes consommateurs chez lesquels l'établissement d'un limiteur serait particulièrement dispendieux. L'auteur fait ensuite remarquer que l'usine génératrice de Christiania fournit actuellement l'énergie électrique en bloc à 66 cités ouvrières, comprenant 1776 logements et que 14 autres cités ne tarderont pas à faire également partie du réseau. Dans les

66 cités fonctionnent 104 limiteurs de courant et pour la puissance globale de 121 kw, elles versent 27 000 marks par an. Chaque cité participe pour 410 marks, et c'est avec le propriétaire de la cité que sont passés les contrats de fourniture du courant; l'éclairage est alors compris dans le prix du loyer. Pour chaque abonné individuel, le tarif est de 15,3 marks par an; pour les 1776 habitations, la recette dans ces conditions serait 15,3 × 1776 = 27 172 marks au lieu de 27 000 marks. Ce système de tarification apparaît donc comme très avantageux et semble donner satisfaction aux deux parties. On cherche actuellement à l'étendre encore davantage par l'instauration d'un rabais d'environ 10 pour 100; en effet, d'après la répartition des maisons à Christiania, la vente en bloc est certainement susceptible d'une extension, car la ville compte : 114 maisons avec plus de 30 logements; 483, avec plus de 20; 1115, avec plus de 15; enfin 1817, avec plus de 10. Ces renseignements montrent que l'application du tarif à forfait simple aux tout petits consommateurs dont le nombre ne peut que s'accroître avec le temps pour la plupart des usines, est nettement rémunérateur. Les tarifs composés et, parmi eux, le tarif de Potsdam, conserveront toujours leur efficacité, mais leur emploi sera limité aux habitations de moyenne et de grande importance dont la consommation d'ailleurs perdra de plus en plus de sa valeur à mesure que s'élargira davantage le cercle des autres clients de l'électricité. A Christiania, avec un tarif à forfait suffisamment minoré, on a de moins en moins éprouvé le besoin de recourir à un tarif composé; en effet, la statistique montre que le nombre des habitations, où fonctionnaient un limiteur et un compteur suivant le tarif de Christiania, est resté à peu près stationnaire, alors que les petits consommateurs sont devenus légion. A ce point de vue, le tarif de Potsdam est supérieur au tarif de Christiania, parce que la vente au compteur a lieu à un prix plus faible qui permet l'emploi de l'électricité à la cuisine et au chauffage. Il a l'inconvénient, d'autre part, de ne pas inciter le client à restreindre sa consommation qui est toujours poussée jusqu'au maximum compatible avec le limiteur, surtout dans les maisons où les applications du courant ne se bornent pas à l'éclairage. M. Markau a proposé de compléter ce système de tarification par un compteur de pointes, mais c'est une complication de plus qui entraîne encore à des frais supplémentaires.

Considérations sur les auto-distributeurs d'électricité ou auto-encaisseurs; K. Markau (*E. T. Z.*, 6 février 1913, p. 141-142). — Les appareils auxquels l'auteur fait allusion sont des distributeurs automatiques, qui, installés dans les habitations, permettent aux locataires de jouir de l'éclairage électrique par la simple introduction d'une pièce de monnaie dans une fente ménagée à cet effet sur l'appareil. L'auteur regrette que leur usage ne soit pas davantage répandu et cette méfiance du public provient moins d'un défaut de fabrication que d'une méconnaissance du principe même des auto-distributeurs de la part des usines d'électricité. Quel est donc exactement leur but? Ils doivent à tout instant permettre au consommateur d'user du courant électrique sans que ce consommateur soit lié par une obligation ou un traité quelconque; à cet effet, il doit suffire de verser à l'encaisseur une certaine somme qui sera encore fixée de telle façon qu'elle ne grève pas trop lourdement le budget du dit consommateur, comme cela arrive par exemple quand la note de l'usine d'électricité tombe en même temps que les autres notes (boulanger, boucher, crémier). Cette dernière considération a une importance plus grande qu'on se le figure généralement, auprès des petits consommateurs, ouvriers et employés, dont la paye est hebdomadaire. L'auteur propose donc le système suivant. Le paiement est réalisé avec des jetons qui sont introduits dans l'auto-encaisseur. On se les procurerait par paquets de 12 au prix de 1 fr chez tous les commerçants; l'acheteur bénéficierait ainsi d'une remise de 2 jetons, ce qui serait un excellent stimulant pour inciter la plupart des consommateurs à faire l'acquisition de bourses de jetons. Il faut prévoir le cas où la provision de jetons viendrait à s'épuiser et où le consommateur serait dans l'impossibilité d'en trouver d'autres, par exemple pendant la nuit. Alors, on met une de ces bourses sous scellés sur l'appareil lui-même avec l'autorisation pour le client de la détacher, quitte à en verser le montant au moment du passage du vérificateur qui remplace en même temps la bourse utilisée. Ce système des jetons jouirait d'une grande faveur auprès de la clientèle ouvrière, des pays industriels; il


Digitized by Google

écarterait aussi le danger d'effraction des distributeurs et des attaques contre les encaisseurs, puisque les jetons n'ont aucune valeur pour d'autres destinations. Partout où fonctionnerait le tarif de Potsdam (*Littérature des Périodiques* du 6 décembre 1912, p. 29), ou tout autre système de tarification basé sur le même principe, l'emploi des auto-encaisseurs jouirait toujours de la même faveur puisque, au prix de 0,10 fr ou 0,20 fr le kilowatt-heure, la valeur d'une bourse de 12 jetons serait encore de beaucoup inférieure à la taxe forfaitaire à payer mensuellement; autrement dit, le client n'aura jamais qu'une avance très modique à faire. L'auteur préconise encore, pour l'acquittement du forfait mensuel, un mode de paiement qui s'inspire de la tirelire ou de la caisse d'épargne. A l'automate, comme il désigne ces auto-distributeurs, on ajoute une deuxième ouverture dans laquelle le client introduit des pièces de monnaie au moment qui convient le mieux à son budget dans le cours du mois. Quand arrive l'époque de l'encaissement trimestriel, il n'a plus qu'à solder la différence entre la somme due et la somme déjà versée. Rien ne l'empêche d'ailleurs de prendre de l'avance. Imaginons encore un compteur ordinaire pourvu de deux systèmes enregistreurs combinés avec un distributeur automatique. L'inscription du courant consommé a lieu alors de la façon suivante : le premier compteur indique le courant pris au taux normal du kilowatt-heure, le second à un taux un peu plus faible et ce dernier n'est mis en action que si l'on introduit de l'argent comptant dans l'encaisseur, autrement dit l'usine accorde une certaine remise à tout versement anticipé. A ce dernier système on peut objecter qu'il ne répond plus au principe des automatiques qui consiste en la suppression des relevés du compteur ainsi que de la tenue d'une comptabilité. L'objection n'est vraie qu'en apparence, car le consommateur finit toujours par préférer le paiement au comptant, d'abord pour profiter de la remise qu'il procure et ensuite à cause des facilités que ce mode de paiement comporte en lui-même.— Le système décrit ci-dessus ne prendra son plein essor qu'autant que les usines génératrices consentiront à réaliser les installations intérieures à leurs propres frais; depuis longtemps déjà, les Compagnies du gaz ont accepté cette charge sans avoir éprouvé des pertes sensibles, du fait de la non-utilisation de leur matériel. Il y a donc tout lieu d'espérer que l'électricité jouirait de la même faveur; dans tous les cas, elle court moins de risques que le locataire qui peut recevoir son congé trois mois après avoir fait les frais d'une installation d'éclairage.

La résistance électrique des alliages de fer; C.-F. Burgess et J. Aston (*Electrician*, t. LXIX, p. 647).— Les recherches de ces deux auteurs apportent une contribution importante à la question de la résistivité des alliages de fer. Les éprouvettes étaient préparées sous forme de cylindres de 1 cm de diamètre et 10 cm de longueur. On les intercalait dans un circuit traversé par un courant qui pouvait atteindre jusqu'à 50 ampères et l'on mesurait la chute de tension entre deux sondes, écartées de 7,854 cm. On a étudié ainsi des alliages simples et des alliages complexes; ceux-ci ne sont jamais caractérisés par des propriétés bien saillantes tandis que les alliages où le fer est combiné à un élément unique suivent en général des lois bien régulières. Nous donnons ci-dessous les résistivités en microhms-centimètre de quelques alliages simples :

Teneur en pour 100.	1	2	3	4	5	6
Silicium	24	36	46	55	65	73
Étain	21	28	35	41	47	—
Arsenic	20	26	31	37	—	—
Cobalt	12	13	14	15	17	18
Cuivre	14	13	13	12	12	12

Teneur en pour 100.	5	10	20	30	47	75
Manganèse	36	55	—	—	—	—
Chrome	31	47	—	—	—	—
Molybdène	28	30	—	—	—	—
Tungstène	16	17	19	—	—	—
Nickel	22	27	37	82	45	22

Les résistances spécifiques sont particulièrement élevées pour de faibles teneurs en silicium, étain et arsenic; ces mêmes alliages ont aussi la plus grande perméabilité magnétique à cause de la plus grande proportion de fer libre. Pour les ferro-nickels, la résistivité croît d'abord avec la teneur en nickel, atteint un maximum

au voisinage de 34 pour 100, puis décroît de nouveau. Le pourcentage de 34 correspond à peu près à la composition du métal Invar, 36 pour 100 de nickel.

Les propriétés magnétiques des fontes de fer considérées au point de vue de la construction des machines électriques (Conférences faites à la Société des fondeurs allemands) : Goltze (*E. T. Z.*, 23 janvier 1913, p. 27). — Les expériences dont on donne les résultats ont été réalisées dans le laboratoire des recherches de l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft. Après avoir indiqué les qualités requises pour un bon fer électrique et les méthodes de mesures permettant de les déterminer, l'auteur communique ses observations sur les variations que les propriétés magnétiques et électriques sont susceptibles d'éprouver soit sous l'influence d'un traitement mécanique, soit d'après la composition chimique de l'échantillon considéré. L'incandescence améliore la perméabilité du fer, tandis que la trempe a sur elle une influence nuisible; l'opération du vieillissement altère aussi les propriétés magnétiques; il en est de même de tout traitement mécanique. Quand les fers sont destinés à supporter des changements d'aimantation rapides, on leur ajoute du silicium pour réduire les pertes par hystérésis et courants de Foucault; mais le silicium comme toutes les matières étrangères, diminue la perméabilité. Le manganèse, qui augmente la résistance mécanique du fer, a l'inconvénient de diminuer la perméabilité et d'accroître les pertes hystérétiques; il ne faut donc l'employer que dans la mesure juste nécessaire pour communiquer au fer la résistance voulue. Pour la fonte grise, il faut veiller à ce que la teneur totale en carbone soit aussi faible que possible, mais surtout éliminer avec soin le carbone non combiné. Le manganèse ne convient pas non plus à la fonte grise. Il n'a pas été possible de reconnaître une influence du phosphore et du soufre sur les propriétés magnétiques.

Spécification des qualités de l'huile pour interrupteurs avec référence à la capacité de rupture; G.-A. Burnham (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 277-281).

Les essais de l'ébonite destinée aux applications électriques; C.-C. Paterson, E.-H. Rayner et A. Kinnes (*J. I. E. E.*, février 1913, p. 254-264).

Les revêtements isolants et la température admissible dans les appareils électriques; C.-P. Steinmetz et B.-G. Lamme (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 111-125).

La précipitation de la fumée et des poussières par les méthodes électrostatiques; H.-N. Holmes (*Electrical World*, 22 février 1913, p. 401-402).

Les progrès récents de la radiographie; H. Clyde Snook (*Journ. Franklin Institute*, janvier 1913, p. 1-15).

Une nouvelle manière de pratiquer la respiration artificielle; E. Uytbork (*Bull. Institut Montefiore*, t. XII, n° 10, p. 481-487).

Travaux du Comité électrotechnique italien; G. Semenza (*Atti d. Assoc. Elett. Italiana*, 15 février 1913, p. 81-101).

Règlements provisoires pour la construction et l'essai des appareils à haute tension pour courants alternatifs depuis 1500 volts inclus et au-dessus (Communication de la Commission des appareils à haute tension du Verband Deutscher Elektrotechniker), (*E. T. Z.*, 23 janvier 1913, p. 102-104.) — Ces règlements sont applicables à partir du 1er janvier 1914 et concernent les disjoncteurs à huile, les sectionneurs, les isolateurs de support, les isolateurs de traversée, les ancrages de câbles, les dispositifs contre les surtensions, les fusibles, les transformateurs d'intensité et les appareils aériens. Les tensions nominales comprennent, entre autres, 110 000, 150 000 et 200 000 volts.

Méthode de caractérisation (rating) des appareils électriques; W.-L. Merrill, W.-H. Powell et Charles Robbins (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 125-127).

De la législation italienne sur les canalisations électriques; Mario Bonghi (*Atti d. Ass. Elett. Italiana*, 31 janvier 1913, p. 45-62). — Le gouvernement italien vient de nommer une Commission pour étudier les modifications qu'il convient d'apporter aux lois qui règlent à présent en Italie les canalisations électriques soit pour la distribution de l'énergie, soit pour les communications télégraphiques et téléphoniques. L'auteur expose les inconvénients de la législation actuelle, puis les modifications qui sont devenues nécessaires, entre autres, des limitations des droits des communes, qui sont actuellement mal déterminés et qui, selon certaines interprétations, aboutiraient à un véritable monopole. M. Borghi propose, en outre, que la loi contienne seulement les dispositions fondamentales et qu'on institue un Conseil d'électricité auquel devront être soumises les questions spéciales concernant l'installation des canalisations, car ces questions se modifient avec les progrès de la technique et ni la loi, ni un règlement ne peuvent prévoir leur solution.



BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin (H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.), 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

450386. Brown-Boveri et Cie. — Dispositif pour abaisser le godet à huile dans les interrupteurs à huile, 9 novembre 1912.

450477. Murray. — Perfectionnements aux appareils pour mesurer, indiquer ou déterminer les dépenses effectuées par un consommateur d'énergie électrique, 12 novembre 1912.

450502. Firme Hein, Lehmann et Co A. G. Eisenkonstruktionen, Brucken et Signalbau. — Connexion isolante pour câbles tendeurs de mâts électriques élevés, 13 novembre 1912.

450769. Société Magnétbremsen G. m. b. H. — Frein électromagnétique sur rail, 19 novembre 1912.

16697+435722. Samais. — Dispositif de commande des trappes de caniveaux et des charrues de prise de courant pour tramways électriques, 19 avril 1912.

450630. Déjardin. — Contrôleur automatique de téléphone, 15 novembre 1912.

450768. Société Automatic Enunciator Co. — Système téléphonique haut-parleur, 19 novembre 1912.

450555. Société anonyme Westinghouse. — Système de contrôle des moteurs électriques, 31 octobre 1912.

450570. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Perfectionnements aux moteurs électriques, 22 janvier 1912.

450693. Société dite Volta Commandit-Gesellschaft fur Elektrische Kleinbeleuchtung. — Pile sèche plus particulièrement destinée à des lampes électriques de poche, 18 novembre 1912.

450748. Balachowsky et Caire. — Perfectionnements à la construction des machines électriques, 25 janvier 1912.

450756. Entz. — Système permettant de réaliser la mise en marche du moteur d'un véhicule ainsi que l'éclairage de ce dernier, 19 novembre 1912.

450790. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Perfectionnements aux machines dynamo-électriques 27 janvier 1912.

450791. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Génératrices à courant continu dont le voltage est pratiquement indépendant de la vitesse, 27 janvier 1912.

450824. Wilson. — Perfectionnements dans les procédés et appareils pour charger les batteries d'accumulateurs, 21 novembre 1912.

16695+389067. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Mode de réglage de la vitesse des moteurs à courant continu, 18 janvier 1912.

16696+416547. Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Mode de compoundage de machines dynamo électriques à courant continu, 18 janvier 1912.

16716+367825. Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est. — Moteur monophasé à collecteur, 8 novembre 1912.

16718+436818. Plaisant. — Machine électrique, 8 novembre 1912

450558. Maison Bréguet. — Procédé de réglage automatique d'une résistance variable au moyen de courants alternatifs, 7 novembre 1912.

450602. Brown-Boveri et Cie. — Procédé de régulation des installations électriques, 14 novembre 1912.

460610. Mondot et Cie. — Poire d'un système spécial à combinaisons multiples d'éclairage électrique, 14 novembre 1912.

450639. Zabel. — Commutateur de sûreté, 15 novembre 1912.

450695. Bergmann Elektricitats Werke A. G. — Compteur d'électricité pour mesurer la consommation de courant au delà d'une certaine limite, 18 novembre 1912.

450814. Société The Westinghouse Brake Co Ltd. — Perfectionnements dans les appareils à relais électriques, 20 novembre 1912.

16701+427862. Bloustein. — Système nouveau de distribution d'électricité dans un réseau de conducteurs, 9 octobre 1912.



CHARBONNEAUX & C[ie]

Verreries de Reims

FOURNISSEURS des POSTES et TÉLÉGRAPHES

et des Grandes Sociétés d'Électricité

Téléphone 198

ISOLATEURS EN VERRE "SPÉCIAL"

DES VERRERIES DE REIMS

Pour Basses et Hautes Tensions

AGENT A PARIS :

H. PARADIS.

26, rue du Rocher.

Téléph. 593-59

LABORATOIRE D'ESSAIS ÉLECTRIQUES A L'USINE

Transformateur à 200.000 volts



RÉPARATIONS
TRANSFORMATIONS

LOCATION
ACHAT - ÉCHANGE

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE NEUF et D'OCCASION

C[ie] UNIVERSEL ÉLECTRIC. — Etablissements ROULLAND F[res] (A. et M.) (ESEP)

35, Rue de Bagnolet - PARIS

Télégr. : Unilectric - *Téléph. :* 929-19

DEMANDER NOTRE CATALOGUE CONTINU ET ALTERNATIF

C[IE] G[LE] D'ÉLECTRICITÉ DE CREIL

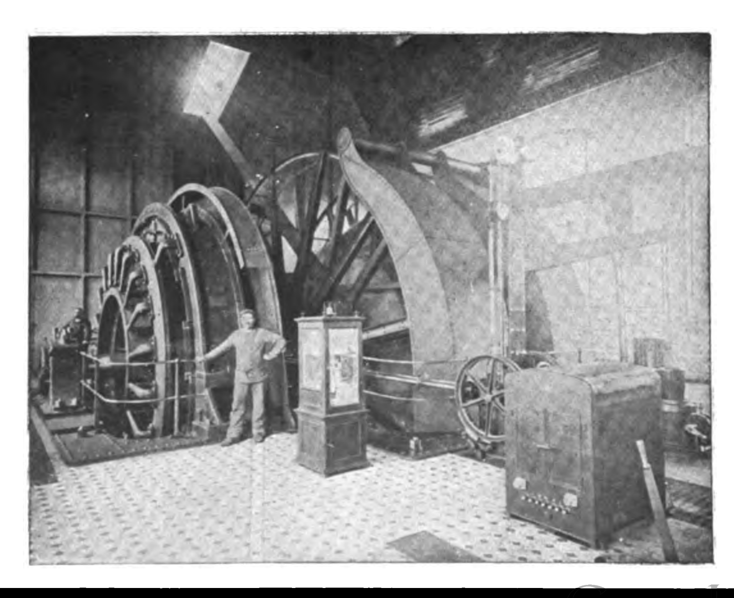
Société Anonyme. Capital 3.800.000 frs.

Siège Social : PARIS 19, rue Louis-le-Grand

Seule Concessionnaire pour la France et les Colonies des BREVETS et PROCÉDÉS *SIEMENS-SCHUCKERT*

Usines : A CREIL (Oise)

MATÉRIEL
A COURANT CONTINU ET ALTERNATIF
MONO- ET POLYPHASE
DE TOUTES PUISSANCES
MATÉRIEL POUR MINES



TRANSPORT D'ÉNERGIE
STATIONS CENTRALES — TRACTION
APPAREILS DE LEVAGE
MACHINES D'EXTRACTION — LAMINOIRS
COMPTEURS — LAMPES A ARC, ETC.

450513. Majorans. — Perfectionnements dans les tubes destinés au passage de décharges électriques, 9 octobre 1912.

450764. Société The Westinghouse Metal Filament C° Ltd. — Filaments spirales pour lampes électriques, 19 novembre 1912.

450763. Société The Westinghouse Metal Filament Lamp C° Ltd. — Support pour filaments de lampes à incandescence, 19 novembre 1912.

451037. Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est. — Sytsème de commande des locomotives à courant monophasé, 31 janvier 1912.

450889. Chabeault. — Téléphonographe, 18 novembre 1912.

450970. Cox. — Dispositif pour élargir les cornets des récepteurs téléhponiques, 23 novembre 1912.

451002. Société industrielle des Téléphones. — Système téléphonique pour lignes pouvant être influencées par des circuits à haute tension, 30 janvier 1912.

450854. De Coster. — Dispositif destiné à l'éclairage des automobiles, etc., 28 octobre 1912.

450950. Société Westinghouse. — Commande de moteur électrique, 22 novembre 1912.

450998. Rignoux. — Auto-réducteur de charge ou de décharge pour batteries d'accumulateurs, 25 novembre 1912.

451016. Siemens-Schuckert Werke. — Dispositif pour l'augmentation du débit ou de l'effet électrique des machines électriques fermées, 26 novembre 1912.

16739+441700. Keller-Dorian. — Moteur à énergie magnétique, 9 novembre 1912.

450852. Flandin et Houdard. — Installation d'éclairage électrique pour automobiles, 26 octobre 1912.

450921. Compagnie du chemin de fer Métropolitain de Paris et Della Riccia. — Dispositif de relais électro-magnétique, 29 janvier 1912.

450934. Allgemeine Elektricitats Ges. — Ampère-heuremètre pour courant continu, 22 novembre 1912.

450935. Société Sprecher et Shuh A. G. — Relais électriques à action différée, 22 novembre 1912.

451017. Harrison. — Perfectionnements dans les potences en métal forgé pour poteaux, 26 novembre 1912.

451034. Randall et Cook. — Perfectionnements apportés aux machines pour recouvrir les conducteurs électriques d'une matière isolante, 26 novembre 1912.

450835. Pech. — Lampe à incandescence dans le vide, 11 octobre 1912.

450899. Établissements H. Gruyelle. — Douille pour lampes à incandescence, 21 novembre 1912.

16737+433205. Rodrigues Gauthier et Cie. — Support de lampe électrique, 12 novembre 1912.



Nouvelles Sociétés.— *Société anonyme française dite « Société française de Matériel industriel électrique et agricole »*, 15, boulevard de la Liberté, à Marseille. Durée : 50 ans. Capital : 100 000 fr.

Société anonyme française La Néophile.— Fabrique de serrures électriques, 41, rue d'Amsterdam, Paris. Capital : 120 000 fr.

Société anonyme dite « Société de moteurs Bare-Gaillet ».— 89, rue Saint-Jacques, Paris. Durée : 30 ans. Hardy, ingénieur électricien, 62, rue Legendre, Paris.

Société anonyme des Forges de l'Oignin.— A Nurieux (Ain). Durée : 50 ans. Capital : 170 000 fr.

Société coopérative d'éclairage électrique. — A Lezay (Deux-Sèvres).

Société en nom collectif Austruy, Mouray et Cie.— Appareils pour le chauffage et l'électricité, 17, faubourg Montmartre, Paris. Durée : 15 ans. Capital : 30 000 fr.

Société en commandite M. Pelon et Cie.— Entreprise d'installations électriques, 79, boulevard Malesherbes. Durée : 20 ans. Capital : 40 000 fr, dont 20 000 fr par la commandite.

Société d'électricité de la vallée du Loir et extensions.— Éclairage, chauffage et force motrice. Siège social : Couture (Loir-et-Cher). Durée : 30 ans. Capital : 260 000 fr.

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Pré Saint-Gervais (Seine). — Le Conseil municipal a, paraît-il accepté le traité de concession proposé par l'Est-Lumière pour l'éclairage et la distribution d'énergie électrique.

Saint-Pierre-les-Elbeuf (Seine-Inférieure). — Le projet de traité présenté par la Compagnie elbeuvienne pour la fourniture du gaz et de l'électricité aurait été approuvé par le Conseil municipal.

Bothsorhel (Finistère). — Le Conseil municipal aurait décidé de faire installer l'éclairage électrique dans la commune.

Livinhac-le-Haut (Aveyron). — La Société de la Vieille-Montagne aurait fait des propositions pour l'installation de l'éclairage électrique dans la commune.

Bagnolet (Seine). — Le projet d'éclairage électrique soumis par le Secteur de la Rive gauche aurait été approuvé par la municipalité.

Saint-Bon (Savoie). — Une Société vient, paraît-il, de se constituer dans le but d'installer l'éclairage électrique dans la commune.

Pontivy (Morbihan). — La municipalité serait en pourparlers avec la Compagnie Franco-Belge pour l'installation de l'éclairage électrique dans la ville.

Douelle (Lot). — M. Bonal serait chargé de l'installation de l'éclairage électrique.

Saint-Maurin (Lot-et-Garonne). — La municipalité aurait reçu une demande de concession de M. Colombier pour l'installation de l'éclairage électrique.

Agen (Lot-et-Garonne). — M. Vaudel a, paraît-il, déposé une demande de concession pour la distribution de l'énergie électrique dans la ville.

Pertuis (Vaucluse). — La concession de l'éclairage électrique aurait été donnée à M. Lançon.

Belmont (Loire). — La municipalité aurait émis un avis favorable à la proposition de M. Ducotté, qui a demandé la concession de la distribution d'énergie électrique.

Dreux (Eure-et-Loir). — On annonce que le maire vient d'accorder à la Société du Gaz de Maubeuge la concession de l'éclairage électrique.

Mézières-sous-Bellegarde (Loiret). — Une enquête serait ouverte sur le projet d'installation de l'énergie électrique par la Société Énergie industrielle de Montargis.

Pringy (Marne). — L'éclairage électrique sera, paraît-il, installé dans cette commune par la Société d'Énergie électrique de Meuse et Marne.

Wignhies (Nord). — Un projet d'éclairage électrique serait actuellement à l'étude.

Vabre (Tarn). — Une Commission municipale aurait été chargée d'étudier les propositions de la Société de Force motrice de l'Agout pour l'installation d'une distribution d'énergie électrique.

Verrey-sous-Salmaise (Côte-d'Or). — On annonce que cette commune va être éclairée à l'électricité.

Caye (Oise). — Un projet d'éclairage électrique serait à l'étude.

Vaucresson (Seine-et-Oise). — Le projet présenté par le Secteur de la Rive Gauche pour la distribution de l'énergie électrique vient, paraît-il, d'être approuvé par la municipalité.

Tain (Drôme). — Un projet d'éclairage électrique de la commune serait actuellement à l'étude.

Bruère-Allichamps (Cher). — Il serait question d'installer une station électrique pour éclairer cette localité et les communes environnantes.

Grand-Cœur (Savoie). — On annonce qu'une Société vient de se former pour l'éclairage par l'électricité des communes de Grand-Cœur et de Petit-Cœur.

Beauville (Lot-et-Garonne). — Le Conseil municipal aurait décidé la mise à l'étude de la proposition de M. Simoneau pour l'installation de l'éclairage électrique.

Neuve-Maison (Aisne). — La municipalité aurait mis à l'étude un projet d'éclairage électrique.

Fougères (Ille-et-Vilaine). — Le projet d'installation d'éclairage électrique aurait été adopté par la municipalité.

Charlieu (Loire). — Des pourparlers seraient engagés pour une concession d'énergie électrique.

Nozay (Loire-Inférieure). — On dit que la concession de la distribution d'énergie électrique dans cette ville a été accordée à la Compagnie d'Énergie électrique de la Basse-Loire.

PETITES NOUVELLES *(Suite et fin)*.

Divers.

Nécrologie : Gustave Patrick de Laval. — L'inventeur de la turbine industrielle à grande vitesse angulaire est mort le 2 février dernier, à l'âge de 68 ans. Né à Blosenberg (Suède), il débuta en 1866 comme ingénieur dans une mine de cuivre; il abandonna temporairement son poste pour compléter ses études de chimie à l'Université d'Upsala et revint diriger l'installation d'une fabrique d'acide sulfurique. Quelque temps après il installait à son compte une petite verrerie; les résultats financiers de cette entreprise ayant été déplorables, de Laval dut, en 1875, accepter une situation aux mines de fer de Klosterverken. C'est là qu'il conçut l'idée de la construction des écrémeuses centrifuges, construction qu'il parvint à mener à bien malgré des difficultés de toute sorte : le succès de ces écrémeuses fut colossal et attirèrent l'attention sur son inventeur.

C'est alors qu'il aborda le problème de la turbine à vapeur. Comme on sait, il y apporta une double contribution personnelle : il préconisa l'emploi des tuyères à vapeur divergentes, grâce auxquelles l'énergie potentielle de la vapeur sous pression est transformée presque intégralement en énergie cinétique; d'autre part, il eut l'idée d'employer un arbre flexible qui lui permit de réaliser pratiquement des vitesses angulaires très élevées. Il put ainsi construire des turbines à une seule roue, d'un volume très réduit et d'un rendement acceptable.

Une des caractéristiques du génie de de Laval était la hardiesse. C'est ainsi que dès 1897, il effectuait des essais d'utilisation de la vapeur à des pressions énormes dépassant 100 kg : cm²; nul. jusqu'ici n'a osé le suivre dans cette voie.

L'activité de ce grand chercheur était extraordinaire, il a laissé sa marque dans de nombreux problèmes de chimie industrielle; il a fondé et dirigé des affaires puissantes.

École supérieure d'Électricité (Section de radiotélégraphie. — Voici la liste des Élèves (2ᵉ promotion) qui viennent d'obtenir le Certificat d'études radiotélégraphiques, après avoir suivi l'enseignement spécial institué à l'École supérieure d'Électricité pour l'étude approfondie et pratique de la télégraphie sans fil,

MM. Casenave.	MM. Chireix.
De Bellescize.	Poincelet.
Garnache-Creuillot.	Balli.
Caussin.	Bertie-Conrads.
Provotelle.	Clément.
Goupil.	Ou-Tcheng-Shi.
Taulier.	De Lagarde.
Carrier.	Joubert.
Bèle.	Burhannedin Bey.
Lemaire.	Abdullatif.
Carré.	Luciani.
Donval.	

La fabrication électrique de l'acier en France. — D'une étude de M. Robert Pinot, publiée dans la *Revue financière universelle*, il résulte que la production d'acier électrique, qui, en 1908, était de 2289 tonnes de produits bruts et 1235 tonnes de produits finis, a atteint, en 1911, les chiffres de 13 850 tonnes de produits bruts et 8898 tonnes de produits finis. La progression a donc été considérable, ce qui n'a rien que de très naturel si l'on considère que c'est en France que les fours électriques pour la fabrication de l'acier ont pris naissance.

Traité complet d'analyse chimique appliquée aux essais industriels, par J. Post, professeur honoraire à l'Université de Gœttingue et B. Neumann, professeur à la Technische Hochschule de Darmstadt. Deuxième édition française, traduite d'après la troisième édition allemande et augmentée de nombreuses additions, par G. Chenu, ingénieur E. P. C., licencié ès sciences, et M. Pellet, ing. I. N. A., licencié ès sciences. Tome troisième, second fascicule, 440 pages, format 25 cm × 15 cm, 8 figures. Librairie scientifique A. Hermann et fils, 6, rue de la Sorbonne, Paris. Prix : broché, 15 fr.

Cet important fascicule ne comprend que deux chapitres; le premier, d'une quarantaine de pages, est consacré au *goudron de houille*; le second traite des *matières colorantes et des industries qui s'y rattachent*; tous deux sont dus à la plume du docteur G. Schultz, de Munich.

Comme dans les précédents Volumes du même Traité les procédés d'analyse sont exposés avec détails. Bien que la plupart de ceux qui sont indiqués dans ce fascicule intéressent plutôt les chimistes que les ingénieurs électriciens, ceux de ces derniers qui ont à s'occuper de l'exploitation des moteurs Diesel liront avec profit la majeure partie du Chapitre relatif au goudron de houille : ils y verront en effet comment se fait l'analyse des divers produits de la distillation du goudron de houille et en particulier des huiles de goudron que l'on utilise aujourd'hui pour l'alimentation des moteurs à combustion interne.

Machines à vapeur surchauffée à distribution par soupapes accompagnées, système Lenz. Brochure de 48 pages publiée par les Établissements Lanz, 64, boulevard Magenta, Paris.

On sait combien sont en faveur aujourd'hui les groupes générateurs à vapeur dits *demi-fixes* par suite de la faible consommation en charbon qu'on peut obtenir avec ces groupes. Depuis quelques années, les Établissements Lanz se sont efforcés de construire des machines de ce type d'un très haut rendement et d'une grande sécurité de marche, et rien qu'en une seule année, en 1912, ils ont livré 2393 demi-fixes de toutes puissances.

C'est la description de ce type de machine que donne la brochure qui nous occupe, brochure illustrée par de nombreuses figures donnant les vues et coupes des différents organes ainsi que les vues d'ensemble de quelques installations récentes : usine d'électricité de Saint-Amand (Cher), usine à gaz de Château-Thierry (Aisne), usine de l'Air liquide de Boulogne-sur-Seine, etc.

La puissance de ces groupes atteint jusqu'à 1000 chevaux. L'emploi simultané de la condensation et de la surchauffe permet de réduire la consommation de charbon à un chiffre très bas : 366 g de charbon ordinaire par cheval-heure effectif dans des essais d'un groupe de 145 chevaux faits par le professeur Grassmann, de Karlsruhe.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Usines d'électricité. — *Les usines hydro-électriques de la ville de Trondhjem, Norvège*; J. Garstad (*E. T. Z.*, 20 février 1913, p. 195-197). — Élevée à l'embouchure du fleuve Nidelven, la ville de Trondhjem compte environ 48000 habitants; elle n'a pour ainsi dire aucune industrie, mais sert de transit au commerce entre le nord et le sud de la Norvège, et surtout au commerce d'exportation. A sa sortie du lac Selbu qui a 60 km² de superficie, le fleuve Nidelven effectue un parcours de 30 km avant d'arriver à la mer et ce parcours est coupé de rapides et de chutes dont les principales sont Övre Lerfos, 32 m de hauteur et Nedre Lerfos, 28 m de hauteur Le débit en hautes eaux, c'est-à-dire au mois de juin, est de 650 m³ d'eau à la seconde et, à l'étiage, en hiver, il tombe à 6 m³. On a utilisé d'abord la première chute en réglant son débit à 30 m³ à la seconde; elle est située à 8 km de Trondhjem. A cette usine génératrice sont installés actuellement trois groupes de 1250 chevaux et un groupe de 2700 chevaux. Les moteurs hydrauliques sont des turbines Francis à axe horizontal reliées par accouplement élastique à des génératrices triphasées de 375 t : m et 6300 à 7500 volts; il y a une excitatrice en bout d'arbre par groupe de deux génératrices. Les régulateurs des turbines sont commandés électriquement du tableau de distribution; celui-ci est pourvu de deux systèmes de barres omnibus, l'un pour la lumière et l'autre pour la force motrice. L'énergie est transmise à la ville par deux lignes aériennes situées sur la rive droite, et quatre lignes aériennes sur la rive gauche qui aboutissent à une sous-station de distribution d'où partent des feeders souterrains qui alimentent des transformateurs par groupes de 5 ou de 20. Par suite du nombre croissant des abonnés, il a fallu, en 1909, utiliser la deuxième chute, celle de Nedre Lerfos, en aval de la première. Deux groupes de 3000 chevaux y fonctionnent depuis 1910, mais l'installation est prévue pour 18 000 chevaux. Les machines hydrauliques et électriques sont les mêmes qu'à Övre Lerfos. La transmission se fait par deux conducteurs souterrains de 3 × 95 mm² de section sur la rive droite et deux conducteurs aériens de 3 × 95 mm² de section également, sur la rive gauche. Les deux usines travaillent en parallèle. Le service du réseau d'éclairage est assuré par 95 transformateurs ayant une puissance totale de 6000 kv-a et des puissances unitaires de 5 à 500 kv-a. La haute tension comprend : 170 km de conducteurs souterrains et 140 km de conducteurs aériens; la basse tension, 205 et 120 km. On compte actuellement 2500 boîtes de distribution qui desservent 10 000 abonnés, soit un coffret par 19 habitants ou 1 abonné par 5 habitants. Les frais d'installation sont évalués à 475 fr par kv-a à l'extrémité de la ligne de transmission et à 675 fr le kv-a chez l'abonné. — Celui-ci avait le droit d'opter entre plusieurs tarifs qui se décomposaient ainsi : tarif au compteur, 0,55 fr le kilowatt-heure pour l'éclairage et 0,20 fr le kilowatt-heure pour la force motrice; tarif à forfait, 14 fr par an pour une lampe de 55 watts et 140 fr par an pour un cheval électrique. Les branchements étaient concédés au prix coûtant et on n'exigeait qu'une rétribution modeste pour la location des compteurs. Après l'expérience de 2 années, l'usine a pu réduire les prix de 20 pour 100, exécuter les branchements sans débours pour le client et abaisser encore la location des compteurs. Elle a aussi inauguré : 1° le tarif à deux termes pour les moteurs : un terme fixe de 55 fr par an et par moteur et un terme mobile de 0,12 fr le kilowatt-heure; 2° le tarif double, 0,70 fr le kilowatt-heure entre 16 et 18 heures

(1) Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.

l'hiver et 0,12 fr le reste du temps. En 1905, le tarif à forfait a reçu une nouvelle extension en ce sens que, pour n'importe quelle application et à n'importe quelle heure, on disposait de 1 kilowatt à raison de 30 fr pour la saison d'hiver et de 8 fr pour la saison d'été, ceci pour étendre l'usage de l'électricité à la cuisine et au chauffage. En face des demandes toujours croissantes, l'usine n'avait pas songé à entreprendre gratuitement les installations intérieures que les propriétaires prenaient à leur charge jusqu'aux rosaces de plafond. Elle a cependant essayé du système de paiement par abonnement à raison de 2,80 fr par an, pour chaque lampe installée. Au bout de 6 ans, l'installation revient au propriétaire. Les 9500 abonnés pour lumière se répartissent actuellement ainsi : 100 représentant une puissance totale de 230 kw marchent au compteur; 1000 environ représentant une puissance de 1800 kw ont des indicateurs de maximum ou des limiteurs de courant (tarif à forfait basé sur le kilowatt-an) et enfin 8400 abonnés ont adopté le tarif à forfait par lampe; leur puissance est de 1400 kw. Les recettes afférentes à chaque catégorie de clients ont été, pour l'exercice 1912, respectivement : 20 000 fr, 225 000 fr et 310 500 fr. Le compte rendu annuel indique une recette moyenne de 15 fr par habitant. En résumé, l'application d'un tarif à forfait relativement faible a néanmoins permis à cette usine de réaliser des bénéfices.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Les pertes dans les moteurs d'induction; H.-G. Reist et A.-E. Averrett (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 125-137).

Les pertes accidentelles dans les moteurs d'induction; A.-M. Dudley (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 245-253).

Notes sur les pertes des moteurs d'induction; R.-W. Davis (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 363-369).

Propriétés similaires du moteur shunt à courant continu et du moteur d'induction polyphasé; W.-G. Merowitz (*Electrical World*, 1er février 1913, p. 244-245).

L'emploi des moteurs monophasés à collecteur et de nouveaux dispositifs de sécurité et de manœuvre avec les machines d'extraction; L. Thallmayer (*E. K. B.*, 4 et 14 janvier 1913, p. 1-7 et 27-35).— L'auteur expose les raisons du rapide développement de l'emploi des moteurs à collecteur doubles pour la commande des machines d'extraction. Il décrit, d'autre part, l'appareil retardateur automatique employé avec les moteurs monophasés à collecteur, un nouveau frein de sûreté à action rapide, mais non brutale, un nouveau frein électrique à moteur destiné à remplacer le frein à air comprimé et, enfin, certaines simplifications apportées aux organes de manœuvre.

Tendeurs électromagnétiques pour machines-outils (E. K. B. 14 janvier 1913, p. 35-40).

Les applications de l'électricité dans les brasseries; G. Bachmann (*E. T. Z.*, 13 et 20 février 1913, p. 178-182, 214-215).— L'annuaire de l'Empire allemand constate qu'au cours de l'année 1910 se sont ouvertes 4300 nouvelles brasseries, produisant 64 465 000 hl de bière par an. C'est donc une industrie éminemment prospère et qui a des chances de se développer encore davantage. Aussi a-t-on cherché à augmenter leur rendement par l'introduction de la force motrice électrique. Les études ont montré d'abord qu'il y avait intérêt à acheter l'énergie électrique à une usine génératrice; d'autre part, les conditions spéciales des brasseries, humidité générale de l'atmosphère, suintements le long des murs, gouttes d'eau tombant des plafonds, constituent un danger permanent de court circuit. Par conséquent, le système de courant qui convient le mieux est le courant continu, distribué, si c'est possible, par deux ponts à 110 volts, avec recommandation de n'employer pour l'éclairage que la tension de 110 volts, car c'est sur ce réseau que les craintes de court circuit sont les plus justifiées; pour les moteurs, on fera la distribution par câbles avec lesquels on n'a pas à redouter de court circuit et la tension de 220 volts n'est pas prohibitive. On peut aussi utiliser les courants triphasés, à 210 volts pour la force motrice, mais jamais de courant alternatif, même à 110 volts, pour l'éclairage. Un très grand nombre de photographies illustrent l'article et l'auteur donne des devis très détaillés pour l'établis-

sement d'une usine génératrice propre ou pour se brancher sur un réseau étranger. Tous comptes faits, cette dernière solution fournit le kilowatt-heure à meilleur compte que la première.

Nouveaux modèles de commutateurs pour installations d'intérieur de la Société des commutateurs à mercure, de Rotterdam (*E. T. Z.*, 30 janvier 1913, p. 123-124).— Ces appareils s'accrochent directement au plafond au moyen d'une bélière et au-dessus de la lampe; l'organe de couplage est un tube contenant quelques gouttes de mercure et qui est commandé par un électro-aimant dont le courant d'excitation est fourni par quelques éléments au chlorure d'ammonium. Un bouton poussoir qui peut s'installer en plusieurs exemplaires permet de commander l'allumage de divers points d'un appartement. En résumé, il n'y a d'apparent que les accessoires ordinaires d'un circuit de sonneries.

TRACTION ET LOCOMOTION.

Nouvelles voitures automobiles des tramways urbains de Vienne; L. Spangler (*E. K. B.*, 24 janvier 1913, p. 41-44).— Les tramways urbains de Vienne ont mis récemment en service de nouvelles voitures automotrices à deux essieux radiaux. Ces voitures ont une longueur d'environ 10 m et une largeur de 2,20 m; l'empattement est de 3,60 m. Le toit est arrondi et ne comporte pas de lanterneau de ventilation. Les plate-formes, placées aux extrémités de la voiture sont complètement fermées et munies de deux portes séparées, réservées respectivement à l'entrée et à la sortie. Le poids de ces automotrices, y compris l'équipement électrique avec deux moteurs de 58 chevaux environ, est de 12 600 kg. Le nombre des places assises est de 22 et celui des places debout de 24 à 30. Sur un châssis analogue à celui de ces automotrices, on a, d'autre part, monté une voiture d'essai à impériale. L'escalier d'accès à l'impériale est situé au milieu de la voiture, de sorte que les plates-formes, situées aux extrémités, restent libres pour la montée et la descente et que toute leur surface peut être utilisée pour les places debout. Cette dernière voiture a une hauteur de 4,9 m; elle pèse 14 000 kg et comporte 52 places assises et normalement 20 places debout.

Chariots à bagages à accumulateurs de la gare du nord de Boston (*Electrical World*, 15 février 1913, p. 346-348).

L'emploi des freins sur rails dans les chemins de fer autrichiens; H. Luithlen (*E. K. B.*, 24 janvier 1913, p. 59-65).— Description de quelques dispositifs de freinage électromagnétique sur rails, employés sur quelques lignes de montagnes autrichiennes, dont les rampes atteignent 70 et même 80 pour 100 (ligne Dermulo-Mendelpan).

La vérification des joints de rails au téléphone (*Ind. élect.*, 10 février 1913, p. 49).— Cette vérification peut se faire aisément comme la pratique journalière l'a montré à Bruxelles. On utilise un poste téléphonique simplifié dans lequel le microphone est remplacé par le joint de rail; le courant de retour des tramways suffit pour assurer le fonctionnement. On peut par ce procédé comparer la résistance du joint à celle de 2 m de rail; pour cela au moyen de deux limes raccordées aux extrémités du circuit primaire de la bobine d'induction du poste, on frotte le rail en deux points, le secondaire étant relié à un téléphone; on entend un bruit très net provenant des coupures et rétablissements du circuit provoqués par les dents de la lime. Pour vérifier un joint, on frotte les deux limes de part et d'autre du joint, puis entre deux points pris sur le rail à 2 m l'un de l'autre. Si les deux bruits sont comparables, c'est que le joint est bon; si le bruit est plus fort pour le joint, ce dernier est défectueux. L'expérience a prouvé que l'essai est non seulement concluant, mais qu'il est très rapide et à la portée des ouvriers chargés de changer les connexions.

Le rapport du comité des signaux de chemins de fer de « l'American Electric-Railway-Engineering and Transportation and Trafic-Association » (*E. K. B.*, 4 janvier 1913, p. 14-17).

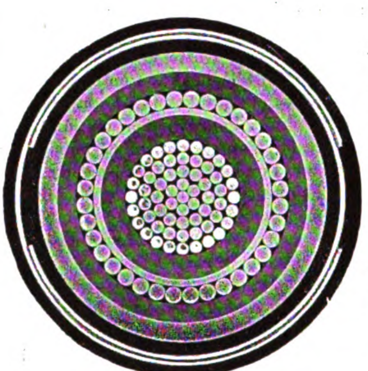
Le chemin de fer souterrain municipal de Schöneberg à Berlin; Platzmann (*E. T. Z.*, 6 et 13 mars 1913, p. 259-263 et 292-295).— Cette ligne souterraine a été ouverte au service le 1er décembre 1910 et s'étend actuellement de Schöneberg à la Nollendorfplatz; elle sera ultérieurement prolongée jusqu'à la Friedrichstrasse. Elle a été entreprise par la Municipalité de Schöneberg qui espérait, par ce moyen, attirer une partie de la population de Berlin vers les vastes terrains inoccupés de la Commune. Or, Schöneberg est distant déjà de 4 km de la Potsdamerplatz et les communications ne sont assurées que par un réseau de tramways qui, emprun-

Ateliers de Constructions Électriques du Nord et de l'Est

Société Anonyme au Capital de **25.000000 de Francs.**

CABLERIE DE JEUMONT (NORD)

SIÈGE SOCIAL : *75, boulevard Haussmann, PARIS*



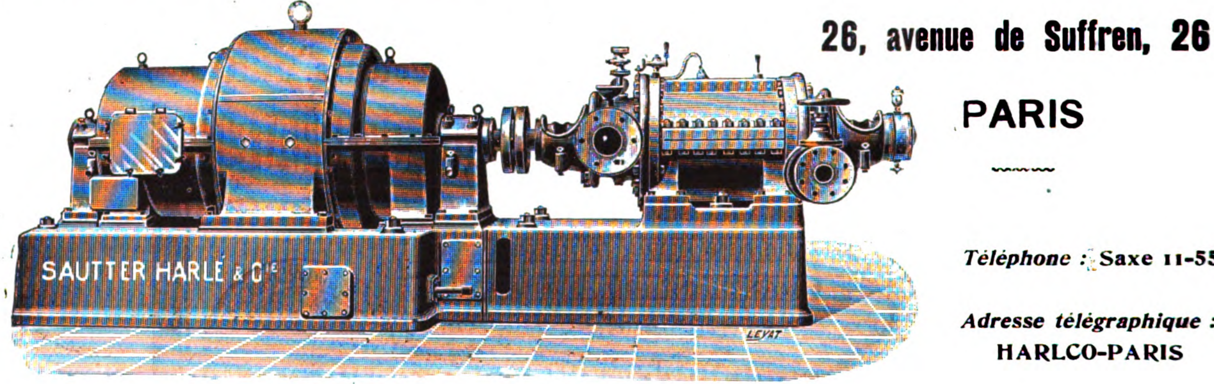
AGENCES :

PARIS : 75, *boul. Haussmann.*
LYON : 168, *avenue de Saxe.*
LILLE : 34, *rue Faidherbe.*
NANCY : 2, *rue Grandville.*
MARSEILLE : 8, rue des Convalescents.
TOULOUSE : 20, *rue Cujas.*
ALGER : 45, *rue d'Isly.*

CABLES ARMÉS ET ISOLÉS A HAUTE ET BASSE TENSION

HARLÉ & CIE

Successrs de SAUTTER, HARLÉ & Cie



26, avenue de Suffren, 26

PARIS

Téléphone : **Saxe 11-55**

Adresse télégraphique :
HARLCO-PARIS



tant des voies très fréquentées, ne peuvent fournir qu'une vitesse moyenne très faible. La création d'une ligne à service rapide était donc la seule solution à apporter à cette situation et, d'autre part, une Municipalité pouvait seule disposer d'un capital suffisant pour l'entreprendre. A la Nollendorfplatz les voyageurs reprennent la Hoch-Bahn jusqu'à l'époque assez rapprochée où la ligne sera prolongée dans l'intérieur de Berlin et correspondra, d'autre part, avec un autre chemin de fer souterrain partant de la Wittenbergplatz.— Le tracé de cette voie de pénétration ne présente ni de trop fortes courbes, ni de trop grandes rampes, au plus $\frac{1}{103}$. Il comprend 2,745 km avec cinq stations à la distance moyenne de 690 m. Les dimensions du tunnel sont 3,30 m de hauteur et 6,24 m de largeur; la voûte est supportée par des poutres en fer à double T. La voie est constituée par des rails ayant 115 mm de hauteur, 50 mm de largeur pour le champignon et 90 mm pour le patin; leur longueur est de 12 m et ils pèsent 27,07 kg par mètre. La prise de courant se fait par troisième rail. Les traverses en bois, qui mesurent 23 cm de largeur, sont très rapprochées; on en compte 18 par rail de 12 m. Pour le moment, les voitures sont toutes motrices et reproduites sur le modèle des voitures des métropolitains aériens et souterrains; leurs dimensions sont : longueur entre tampons, 12 770 mm; largeur, 2360 mm; hauteur au-dessus du rail, 3180 mm. Elles sont montées sur deux bogies et disposent de : 12 places assises en 2[e] classe; 18 places assises en 3[e] classe et 25 places debout. Les convois sont formés de deux voitures. Pour la traction, chaque voiture est équipée de deux moteurs à courant continu de 80 chevaux sous 750 volts. L'énergie électrique est fournie par la Elektricitätswerk-Sudwest sous forme de courant triphasé à 6600 volts qui est ensuite converti en courant continu par deux convertisseurs en cascade de 750 kw.— Malgré le trafic considérable qui s'est manifesté dès le début, 8 000 000 de voyageurs par an, le résultat financier est très mauvais; les recettes sont insuffisantes pour payer l'intérêt du capital et, pour l'année courante, la municipalité a dû verser 550 000 marks pour couvrir le déficit.

La ligne de traction monophasée Pampelune-Aoiz et Pampelune-Sangüesa (*E. T. Z.*, 9 janvier 1913, p. 27-31). — Cette ligne a été construite par la Société «El Irati» pour relier Pampelune, d'une part à la station du Chemin de fer du Nord ressortissant à la même Société (2 km) et, d'autre part, à Aoiz et Sangüesa; cette dernière section a 56 km de longueur et dessert des villages très importants privés jusqu'ici de tous moyens de communication avec les grands centres. En réalité, Aoiz n'est qu'un embranchement de 5 km environ. Le but de cette ligne est encore de faciliter à la Société l'exploitation des bois des Pyrénées dont elle a le monopole. Sur le tronçon de 2 km, il existe une pente de 7 pour 100; entre Pampelune et Huerta, il y en a de 5 pour 100 et de 2 pour 100 seulement sur le reste du parcours. La traction se fait par courant monophasé, engendré dans une usine hydro-électrique appartenant en propre à la «El Irati» et située non loin de Aoiz. Les dynamos fournissent directement du courant à 6600 volts et 25 p : s au fil de travail; il est abaissé à 600 volts à partir de Huerta seulement jusqu'à la gare du chemin de fer de Pampelune, une tension trop élevée aurait été dangereuse dans cette partie où la population est plus dense et dans la traversée de la ville de Pampelune. Les voitures à bogies sont équipées de quatre moteurs de chacun 60 chevaux; les voitures à châssis fixe n'ont que deux moteurs. Les grandes voitures ont : 33 places assises et 16 places debout; les petites, 15 places assises et 16 places debout. Sur les deux, il existe un frein à main et un frein à air comprimé, la compression est obtenue soit par un petit moteur monophasé pour les grandes voitures, soit en commandant la pompe par un essieu pour les petites voitures. Les moteurs sont du type Latour. Depuis 2 ans que la ligne fonctionne, le matériel n'a encore subi aucune avarie; il faut signaler la marche sans étincelles des moteurs, à toutes vitesses.

Chemin de fer métropolitain de Naples; Umberto Cassito (*Atti d. Assoc. Elett. Italiana*, 15 janvier 1913, p. 3-19).— L'auteur décrit le projet qui a formé la base de l'acte de concession signé le 18 janvier entre le ministre Sacchi et la Société franco-italienne du chemin de fer métropolitain de Naples. Le projet comprend : 1° une ligne métropolitaine qui a son départ de Piazza Sannazzaro et son arrivée au Corso Garibaldi à côté de la gare du chemin de fer Circum-

vesuviana. Sur le parcours on rencontre 15 stations : les stations qui se trouvent à plus de 12 m au-dessous du niveau de la chaussée sont desservies par des ascenseurs, les autres par des escaliers; 2° une ligne suburbaine qui a sa station de départ à côté de la station métropolitaine Vomero. Cette ligne, après un bref parcours en galerie arrive à l'ouvert au Ponte di Soccavo où l'on rencontre un branchement. — La ligne principale suit la côte et arrive jusqu'aux Camaldoli à la cote de 452 m; l'autre suit en plate-forme indépendante la route Miano-Agnano et arrive aux thermes d'Agnano. Des stations sont intercalées sur les parcours des deux lignes. — Les galeries sont toujours, pour la double voie, à écartement normal. — La ligne sera exploitée par des trains formés de trois voitures, dont les extrêmes motrices. L'équipement électrique des voitures motrices comprend quatre moteurs; le système de commande du train est du type à unités multiples. La tension choisie est de 1000 volts au minimum.

L'état de l'électrification du chemin de fer du Wiesental à la fin de 1912 (*E. K. B.*, 24 janvier 1913, p. 65-66). — Les travaux d'électrification du chemin de fer du Wiesental, lequel comprend les lignes Bâle-Zell et Schopfheim-Saelsingen, ont été terminés l'année dernière. Les essais ont été entrepris à la fin de l'automne. La longueur totale des deux lignes est de 49,1 km; ces lignes comportent des rampes de $\frac{1}{100}$ et des courbes de 270 m de rayon en pleine voie et de 110 m dans les gares. Pour assurer le trafic, douze locomotives monophasées à 15 000 volts et 15 périodes ont été prévues, dont dix construites par Siemens-Schuckert et deux par Brown-Boveri. Ces locomotives sont destinées au trafic des voyageurs et des marchandises; leur vitesse maxima est de 70 km : h.

L'emploi des tickets et le mode d'établissement des comptes des receveurs sur les lignes exploitées par la « Gross-Berliner-Strassenbahn »; Krüger (*E. K. B.*, 24 janvier 1913, p. 45-48).

Les ateliers de réparation d'une entreprise de traction électrique (*Ind. élect.*, 10 février 1913, p. 55-60). — Description, d'après *Electric Railway Journal* du 17 avril 1912, des ateliers des tramways de Cincinnati.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Le télégraphe imprimeur électrique de la Maison Siemens et Halske; Rud. von Heider (*E. u. M.*, 12 et 19 janvier 1913, p. 25-30, 52-58).

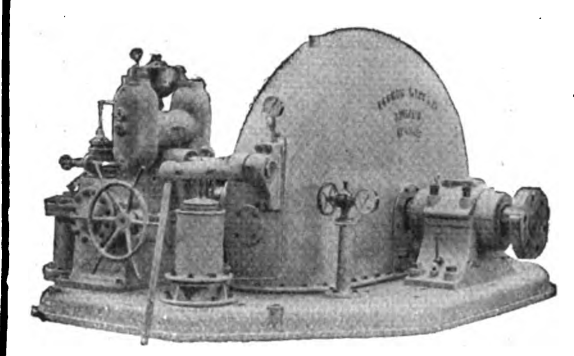
Statistique mondiale des téléphones (*E. T. Z.*, 23 janvier 1913, p. 94-97). — D'après *Telephone Engineer* du 12 septembre 1912, le nombre des installations téléphoniques au 1er janvier 1911 était de : 7 595 983 pour les États-Unis d'Amérique; 284 373, pour le Canada; 1 068 849 pour l'Allemagne; 648 832, pour l'Angleterre; 232 743, pour la France; 187 441, pour la Suède; 150 850, pour la Russie; 112 604, pour l'Autriche; 94 531, pour le Danemark; 78 736, pour la Suisse; 70 319, pour l'Italie, etc. Pour l'Europe entière, ce total est 2 966 553; pour l'Amérique du Sud, 85 744, pour tous les autres pays, 339 285; enfin pour l'univers entier, l'auteur donne le chiffre de 11 271 893. On voit que les États-Unis figurent dans ce nombre, pour plus de la moitié. D'ailleurs, Chicago compte autant d'abonnés que la France entière; Boston en a autant que l'Autriche. Une autre partie de la statistique envisage le nombre de téléphones par 100 habitants. On en trouve ainsi : 8,1 aux États-Unis; 1,6 en Allemagne; 2,6 en Norvège; 3,4 en Suède; 3,5 en Danemark; 1,4 en Angleterre; 0,6 en France; 0,1 en Russie; 0,2 en Italie. Le capital d'installation se répartit ainsi :

	Capital total en dollars.	Par téléphone en dollars.	Par habitant en dollars.
États-Unis...	956.700.000	126	10,27
Canada......	36.000.000	129	47,6
Allemagne...	171.304.000	160	2,64
Angleterre...	134.410.000	207	2,98
France.......	50.000.000	215	1,27
Autriche.....	26.200.000	233	0,91
Belgique.....	13.195.000	277	1,75
Norwège.....	6.214.000	99	2,59
Russie.......	18.950.000	126	0,14
Espagne.....	8.100.020	324	0,43
Suisse.......	16.797.000	213	4,46
Pour l'univers entier.....	1.561.777.000	139	11

En suivant le même ordre que ci-dessus pour les pays, les recettes

ESCHER





Fondée en 1805. — ZURICH

TURBINES A VAPEUR

à action, Système ZOELLY

1.806.000 chevaux en service et en construction

TURBO-POMPES

TURBINES HYDRAULIQUES

Syst. FRANCIS et PELTON. Conduites

2.549.691 chevaux en service et en construction

BUREAU DE PARIS, 39, RUE DE CHATEAUDUN

Téléph : Saxe 4-39

COMPAGNIE DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE

44, rue du Docteur-Lombard. — ISSY-LES-MOULINEAUX (Seine)

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

Système "BT", breveté S. G. D. G.

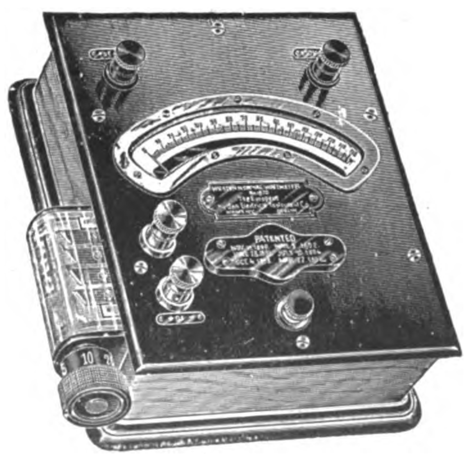
Pour courants alternatifs, monophasés et polyphasés

Agréés par l'État, les Villes de Paris, Marseille, Grenoble, etc.
Employés par la Compagnie Parisienne d'Electricité, les Secteurs de la Banlieue et les principales Stations de Province.

Plus de 300000 appareils en service

LIMITEURS D'INTENSITÉ pour Courants continu et alternatif

Transformateurs de Mesure - Compteurs horaires



Wattmètre.

APPAREILS
= DE MESURES =
ÉLECTRIQUES

"WESTON"

Appareils portatifs "ETALONS" à lecture directe :
Voltmètres et Milli-Voltmètres;
Ampèremètres et Milli-Ampèremètres;
Wattmètres pour courants continu et alternatif;
Appareils de tableaux. Courant continu.

Seuls Représentants pour la France :

E.-H. CADIOT & Cie

MARCEL CADIOT, Fils & Successeur

12, rue Saint-Georges. — PARIS

brutes par téléphone sont, en dollars : 32,87; 31,87; 35; 39,40; 40,20; 41,45; 50,75; 21,35; 39; 35,20; 27,95.

L'organisation des bureaux téléphoniques américains; Max Freimark (*E. T. Z.*, 16 janvier 1913, p. 58-62).

Note sur l'élimination des troubles causés par les lignes électriques de traction sur les circuits télégraphiques existant au long des voies; V.-E. Castelli, inspecteur au service du mouvement des Chemins de fer de l'état italien (*Riv. tern. d. Ferrovie Italiane*, février 1913, p. 101-110). — L'article décrit les études et les essais effectués par les chemins de fer de l'État italien en vue d'établir les causes des perturbations constatées dans les circuits télégraphiques des lignes de la Valteline après l'application de la traction électrique, et pour déterminer les mesures à adopter sur les lignes des Giovi et du Mont-Cenis dans le but d'éviter les mêmes inconvénients. — Le résultat de ces recherches fut que les troubles en question provenaient de l'induction électromagnétique réciproque entre le courant secondaire destiné à la traction et celui des circuits télégraphiques. — Les remèdes à adopter se réduisent par conséquent à éloigner les lignes télégraphiques et téléphoniques à long parcours de la voie elle-même, et à doubler les fils pour les circuits destinés au service local ou entre les gares : dans quelques cas, on peut renfermer les conducteurs de ces derniers circuits dans des câbles aériens ou souterrains. — Ce sont là les dispositions adoptées sur les lignes des Giovi et du Mont-Cenis et l'article passe en revue les différents détails techniques employés.

Sur la diminution de la portée de la télégraphie sans fil pendant le jour (*Industrie électrique*, 25 janvier 1913, p. 26). — Analysant un article de Tesla paru dans l'*E. T. Z.* du 31 octobre, notre confrère écrit : Tesla n'est pas de l'avis que la diminution de portée des appareils de télégraphie sans fil pendant le jour est due à l'ionisation de l'air. D'après lui, la transmission des signaux s'effectue par conductibilité par la terre et non à travers l'air par les ondes hertziennes. L'affaiblissement pendant le jour serait dû à la vaporisation de l'eau dans la moitié de la terre tournée du côté du soleil, la vapeur d'eau entraînant avec elle une plus ou moins grande partie de la charge électrique communiquée à la terre.

APPLICATIONS THERMIQUES.

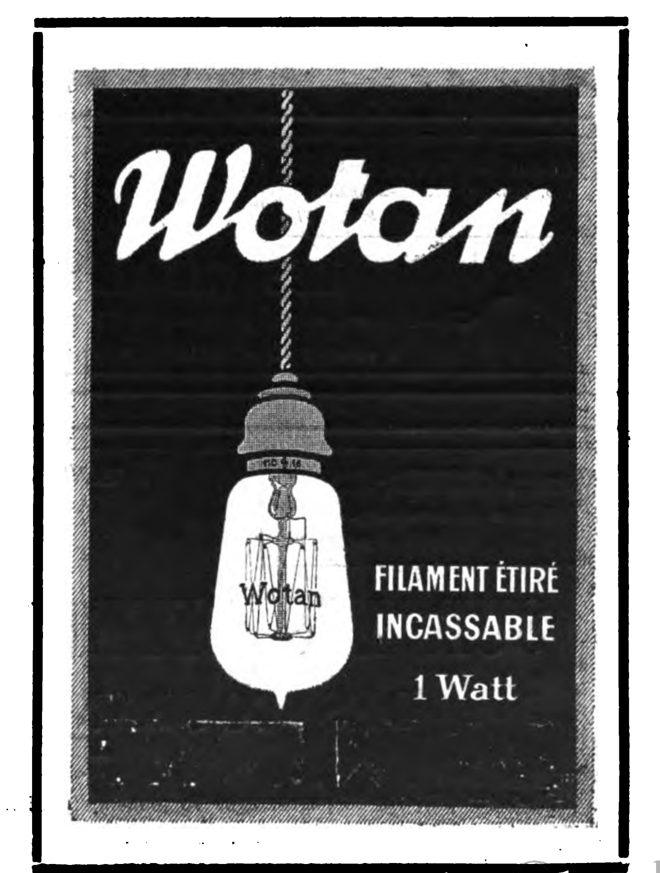
Fourneaux électriques (*E. T. Z.*, 16 janvier 1913, p. 66-67). — Notice sur les appareils électriques de la Therma Gesellschaft m. b. H., de Munich. Des fourneaux à un ou plusieurs réchauds permettent de réaliser la cuisson électrique des aliments en se servant des ustensiles ordinaires, pourvu qu'ils aient un fond plat. Ils sont tous pourvus d'un système de réglage qui porte en toutes lettres les indications : *ouvert*, *faible*, *moyen*, *fort*, ce qui, pour les réchauds de 18 cm de diamètre, correspond à des consommations de 0, 200, 400, et 600 watts et pour ceux de 22 cm, à 0, 300, 600 et 900 watts. La même maison construit des accumulateurs de chaleur portatifs sous forme de caisses métalliques à double paroi dont le rendement est presque comparable à celui des marmites chauffées directement.

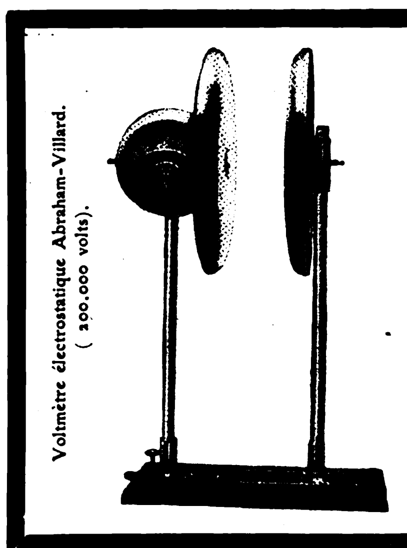
ÉCLAIRAGE.

La lampe à arc-flamme en Angleterre; H. Marchand (*Ind. élect.* 10 janvier 1913, p. 14-17). — La lampe à arc-flamme et particulièrement la lampe à arc-flamme jaune, est considérée, par les spécialistes anglais, comme la meilleure arme que possède l'électricité contre la concurrence du gaz à haute pression. Ce n'est pas qu'elle ne présente quelques inconvénients : son prix d'acquisition est plus élevé que celui de la lampe à gaz à haute pression; quatre, à cinq lampes doivent être ordinairement employées en série pour arriver au maximum d'économie; enfin la destruction des lampes est rapide. Mais à côté de ces défectuosités, la lampe à arc-flamme présente des avantages sérieux; les constatations de la pratique permettent de dire qu'elle est plus économique que la lampe à gaz concurrente lorsque le prix du kilowatt-heure d'énergie électrique n'est pas supérieur à trois ou quatre fois le prix du mètre cube de gaz; la puissance lumineuse de l'arc-flamme se maintient, d'ailleurs,

pendant toute la durée du service, tandis que celle du manchon à gaz tombe rapidement bien au-dessous de la valeur initiale; d'autre part, l'observation a fait voir que, dans la pratique, la durée moyenne des manchons ne dépasse pas le service de 80 heures, que l'on réalise aisément aujourd'hui avec les lampes à arc à magasin de sorte que les frais d'entretien des deux systèmes d'éclairage peuvent être considérés comme équivalents, le prix des manchons étant sensiblement le même que celui des crayons. — Certaines difficultés ont été rencontrées en Angleterre par suite du manque d'uniformité des dimensions des crayons et du défaut d'entente dans les combinaisons à réaliser. Ainsi à côté de la dimensions originale de 60 cm des crayons étrangers, on a créé des dimensions répondant aux mesures anglaises, soit 23,5, 23,75, et 24 pouces. — Le crayon d'arc-flamme employé aujourd'hui est composé d'un corps ou coquille en charbon pur, et d'une mèche ou noyau, contenant une proportion convenable de fluorure. Le corps est fabriqué de la même façon que les crayons ordinaires : mélange de noir de fumée, de charbon de cornue finement broyé et de goudron; les crayons de qualité supérieure contiennent 70 à 80 pour 100 de noir de fumée : on ne les emploie guère, bien qu'ils procurent un rendement supérieur et une combustion plus stable et qu'ils donnent moins de résidus, parce qu'ils coûtent plus cher; les charbons ordinairement employés contiennent 30 à 50 pour 100 de noir de fumée. Les différentes fabrications ne se distinguent donc pas par la composition de la coquille, mais par la composition du noyau, par les dimensions respectives du crayon et de la mèche et par le diamètre de crayon nécessaire pour une intensité donnée. L'article donne divers renseignements sur ces crayons. — L'usure moyenne des crayons est de 30 mm par heure, ce qui correspond pour des crayons de 60 cm à une durée de service de 17 à 18 heures; par 1000 bougies-heure, la dépense en crayons, en supposant une lampe à crayons armés, n'est pas supérieure à celle qu'on doit prévoir pour une lampe à arc libre à charbons purs; la situation est encore plus avantageuse avec des crayons à mèche simples, sans armature. — Des expériences nombreuses (plus de 15 000 mesures photométriques) ont montré que : 1° le rendement de l'arc-flamme jaune ne change pas appréciablement au-dessus de 6 ampères pour les différentes grandeurs de lampes; 2° pour une lampe donnée, le rendement augmente avec l'intensité jusqu'à une certaine limite à partir de laquelle le gain est insignifiant, mais il se produit une forte augmentation de l'usure des crayons; 3° la puissance lumineuse croît avec la tension appliquée, mais le rendement faiblit; la tension la plus avantageuse est de 38 volts sur l'arc; 4° la combinaison de crayons la plus avantageuse consiste à employer un charbon positif à grosse mèche spéciale et un crayon négatif à fine mèche ordinaire. D'excellents résultats ont été obtenus avec les crayons Blondel; des essais ont fait voir la remarquable supériorité de ces crayons, qui procurent un rendement élevé tout en brûlant assez lentement.

Les nouvelles lampes à filament métallique (*Ind. élect.*, 25 octobre 1912, p. 468-469). — Les fabricants de filaments pressés cherchent naturellement des défauts au filament étiré. Les fabricants de celui-ci répondent : l'étirage, en rendant la fabrication plus facile, offre aux consommateurs de grands avantages, car il supprime les frais de machines nécessaires à la formation, la carbonisation et le triage des filaments, il évite dans le filament la formation de points de soudure qui sont autant de points faibles; la lampe à filament étiré est encore avantageuse pour le consommateur, parce qu'elle est robuste et peut rester en magasin sans inconvénient et sans craindre les chocs; de plus elle ne noircit pas, étant en métal pur. — Les fabricants de lampes à filaments pressés prétendent que la lampe à filament étiré devient fragile après quelques heures de fonctionnement. A cela les fabricants de filament étiré répondent que ce dernier ne commence à devenir fragile qu'après 700 heures de marche, ce qui ne veut pas dire que la lampe à filament étiré se brise au bout de ce laps de temps; cette fragilité est du reste moins grande que celle du filament pressé au début de sa mise en service, car l'on peut déplacer de vieilles lampes à fil étiré sans craindre leur rupture. — Quant à la prétendue cristallisation du filament étiré, un examen minutieux au microscope n'a pu la révéler, pas plus sous courant alternatif que sous courant continu; mais le




Voltmètre électrostatique Abraham-Villard.
(200.000 volts).

filament pressé cristallise s'il a eu à supporter une tension trop élevée à la formation.

Les bases et les progrès de la technique de l'éclairage; Alessandro Amerio (*Atti. d. Assoc. Elett. Italiana*, 15 février 1913, p. 101-107.

La production chimique de la lumière; Wilder D. Bancroft, professeur de Chimie physique à la Cornell University (*Journ. of Franklin Institute*, février 1913, p. 129-151). — Les résultats de cette étude sont résumés par l'auteur comme il suit : 1° photoluminescence, thermoluminescence, pyroluminescence, électroluminescence, cathodoluminescence, anodoluminescence, cristalloluminescence, triboluminescence et organoluminescence sont toujours des cas de chimicoluminescence, c'est-à-dire que la luminescence est toujours due et est accompagnée par une réaction chimique; 2° Dans quelques cas de cathodoluminescence il est possible d'indiquer la réaction chimique qui se produit; 3° on doit parler du spectre d'une réaction et non pas du spectre d'une substance; 4° tout changement constaté dans un spectre indique la production d'une autre réaction; 5° la même lumière bleuâtre est émise : quand le sodium brûle lentement dans le chlore; quand le chlorure de sodium est fondu; quand du cholure de sodium est placé sur la surface de séparation des zones oxydante et réductrice d'une flamme Bunsen; quand on envoie de l'acide chlorhydrique dans une flamme de sodium; quand du chlorure de sodium est précipité de sa solution aqueuse par l'alcool ou par l'acide chlorhydrique; quand des cristaux de sodium sont écrasés; 6° l'effet lumineux dû au passage du chlore de l'état d'ion à l'état de chlore combiné dans le chlorure de sodium non dissocié paraît jusqu'à être négligeable; des mesures plus précises montreraient sans aucun doute l'existence d'un effet lumineux; 7° les rayons cathodiques excitent la luminescence bleue dans le chlorure de sodium, et les rayons-canaux excitent la luminescence jaune; 8° on observe la luminescence bleuâtre dans la flamme Bunsen là où la vitesse d'oxydation des sels réduits de sodium est lente, c'est-à-dire à la surface de séparation de la zone oxydante et de la zone réductrice; la luminescence jaune s'observe dans la zone oxydante, où la vitesse d'oxydation est la plus grande; ces résultats sont d'accord avec ceux des expériences de Pringsheim sur la radiation du sodium; 9° l'hypothèse la plus simple qu'on puisse faire concernant la réaction produisant la flamme jaune du sodium est quelle est due au passage du sodium en sodium-ion; cette hypothèse est inadmissible, car elle ne tient pas compte des autres spectres du sodium observés par Lenard et par Wood; 10° sous l'influence des rayons cathodiques, l'iodure de potassium donne une lumière verte; partie de cette lumière est probablement due à l'iode; il semble possible que le chlore puisse être la cause partielle de la lumière blanche observée avec beaucoup de chlorures; 11° bien qu'il soit probable que la triboluminescence de l'iodure de potassium est la même que la cristalloluminescence et la cathodoluminescence de ce sel, la preuve expérimentale en est encore insuffisante; 12° toutes les réactions tendent à produire de la lumière, et toutes les réactions doivent émettre de la lumière si la vitesse de réaction est suffisamment grande; 13° la vitesse de réaction critique nécessaire à l'émission de radiations sensibles à l'œil peut être très différente pour deux réactions différentes; 14° l'intensité de la lumière émise croît en même temps que la vitesse de réaction; 15° la qualité de la lumière émise varie, mais très peu, avec la vitesse de réaction; 16° les sulfates de sodium, lithium, potassium, zinc, etc., accroissent la luminescence du sulfate de cadmium exposé aux rayons cathodiques principalement par l'accroissement de la vitesse avec laquelle l'oxyde de cadmium et l'anhydride sulfurique se combinent; 17° dans le cas des sulfures phosphorescents de zinc, calcium, strontium et baryum, la réaction qui produit l'émission de la lumière est une réaction concernant les impuretés, les sels de cuivre, bismuth ou manganèse, par exemple; 18° il est théoriquement possible de stimuler les réactions produisant la fluorescence par d'autres agents que la lumière. On voit par ce sommaire, dont divers points auraient évidemment besoin d'éclaircissements que nous ne pouvons donner ici, que l'étude de M. Bancroft apporte une sérieuse contribution à l'étude des moyens de production de la lumière.

Le matériel d'installations intérieures d'éclairage d'après les progrès modernes; Wilhelm Klement (*E. T. Z.*, 16 et 23 janvier 1913, p. 70-74, 105-107). — Illustré d'un très grand nombre de photographies, l'article est tout entier consacré à l'éclairage inté-



rieur; l'auteur s'attache surtout à montrer les qualités requises pour un bon fonctionnement et discute parallèlement les prescriptions des règlements allemands, grâce auxquels l'industrie a pu réaliser des progrès constants. Les produits étrangers sont loin de pouvoir rivaliser avec le matériel allemand qui, lorsqu'il est de qualité inférieure, est presque exclusivement réservé à l'exportation, le consommateur indigène exigeant toujours du beau et du bon.

Notes sur l'emploi des globes et des réflecteurs; J.-G. CLARK et V.-H. MACKINNEY (*Illuminating Engineer*, mars 1913, p. 125-154).

Les installations d'éclairage de l'hôtel Mc. Alpin (*Good Lighting*, janvier 1913, p. 600-617). — Cet hôtel de New-York occupe un vaste bâtiment de 26 étages. L'article décrit les installations d'éclairage des principales pièces au point de vue de l'effet décoratif. Des photographies de ces pièces illustrent l'article.

Méthode rationnelle de représentation par diagrammes de la distribution de la lumière; R.-F. PIERCE (*Electrical World*, 8 février 1913, p. 297-300).

Théorie et calcul des courbes d'éclairement; Frank A. BENFORD (*Trans. of Illum. Eng'ing Soc.*, déc. 1912, p. 695-723).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Extraction de l'azote de l'air au moyen de l'arc électrique (*Ind. élect.*, 10 février 1913, p. 53-55). — Court article donnant quelques indications sur le four Birkeland-Eyde, et sur les résultats obtenus à Rjukan.

Sur une modification chimiquement active de l'azote: F. COMTE (*Phys. Zeits.*, 15 janvier 1913, p. 74-76).

Sur la lueur persistante dans l'azote pur après le passage de la décharge électrique: A. KŒNIG et E. ELÖD (*Phys. Zeits.*, 15 février 1913, p. 165-167). — Le physicien J.-R. Strutt a tout récemment soumis à une étude approfondie les phénomènes qu'on observe lorsqu'on soumet de l'azote, à la pression de 1 à 10 mm de mercure, à la décharge électrique. En particulier pendant que la décharge traverse le gaz, on aperçoit une lueur caractéristique qui persiste quelques secondes encore après cessation de la décharge. Cette sorte de luminescence a une couleur jaune orangé et se présente sous l'aspect d'un nuage ou d'un brouillard qui se déplace avec le courant gazeux. Strutt l'attribue à une modification chimiquement active de l'azote. Le retour à l'azote ordinaire fait disparaître le phénomène. Certains auteurs, Lewis et notamment F. Comte, ont pensé que la luminescence ne provenait pas de l'azote pur; mais qu'il fallait la présence d'un peu d'oxygène pour la produire. C'est du moins ce que M. Comte a conclu de ses expériences qui viennent à leur tour d'être révoquées en doute, par Kœnig et Elöd. Toute la controverse porte en définitive sur l'obtention d'azote à l'état de pureté absolu: c'est le problème que ces derniers physiciens pensent à leur tour avoir résolu et ils ont constaté que la lueur était d'autant plus persistante que leur gaz était plus pur. L'addition de traces d'oxygène non seulement affaiblit la luminescence, mais réduit sa durée. Le phénomène apparaît vers la pression de 100 mm de mercure et s'intensifie de plus en plus à mesure que la pression diminue jusqu'à 40 mm de mercure où tout le tube paraît illuminé par une flamme animée d'un mouvement de va-et-vient et de couleur jaune orangé, telle que l'avait décrite Strutt. Aux hautes pressions, le spectroscope montre le spectre de raies de l'azote et quelques raies de l'aluminium. Pour une pression de 20 mm; le trajet de la décharge est marqué par une trace rouge violet, le reste du tube est jaune. Au-dessous de 30 mm, c'est le spectre de bandes de l'azote qui apparaît, c'est-à-dire trois bandes caractéristiques dans le rouge, le jaune et le vert qui correspondraient bien à une modification de l'azote.

Les méthodes radioactives appliquées à l'Electrochimie; Karl F. HERZFELD (*Phys. Zeits.*, 1er janvier 1913). — Sous ce titre a déjà paru dans *la Revue électrique* du 22 novembre 1912, p. 449 un article de G. von Hevesy où cet auteur a montré que les quantités de matières radioactives séparées d'une solution très étendue où elles se trouvent en équilibre radioactif ne dépendaient que du potentiel de la lame immergée. Il en a déduit une méthode pour la détermination de la différence de potentiel existant entre un métal et la solution de l'un de ses sels; enfin, en traduisant les résultats de ses expériences par des graphiques, il a trouvé des courbes présentant un point d'inflexion. Ce que F. Herzfeld essaie de démontrer actuellement, c'est que la formule ordinaire de Nernst est incapable de conduire à une interprétation théorique de ces résultats; autrement dit il faut à la relation $E = RT \log \frac{C}{c}$, où E représente

la tension électrique entre le métal et une solution d'un de ses sels, C, la tension de dissolution et c la pression osmotique, substituer la suivante : $E = RT \log \frac{C'\pi}{c}$, où C' désigne toujours la tension de dissolution et π, la pression osmotique de la quantité de matière radioactive précipitée. Rappelons que la quantité absolue des composants radioactifs dissous est supposée assez petite pour ne pas influencer la valeur de E. D'autre part, si nous représentons par c_c^0 la pression osmotique initiale de l'actinium C et c_b^0 la pression osmotique initiale de l'actinium B qui entraient dans la solution étudiée par Hevesy, on a

$$E = RT \log \frac{C'_c \pi_c}{c_c^0 - \pi_c} = RT \log \frac{C'_b \pi_b}{c_b^0 - \pi_b}.$$

C'est en travaillant cette relation, que Herzfeld a pu reproduire une courbe analogue à celle que Hevesy avait obtenue expérimentalement; cette courbe n'est pas symétrique par rapport à une droite horizontale passant par son milieu.

Emploi de l'acétylène dissous pour l'éclairage des voitures des Chemins de fer du nord de Milan; P. Casati, ingénieur de la Société Nord-Milan (*Riv. tecn d. Ferrovie italiane*, février 1913, p. 110-114). — Les Chemins de fer du nord de Milan, ont appliqué depuis quelque temps à 113 de leurs voitures un système d'éclairage par l'acétilène dissous et comprimé. L'article examine les résultats obtenus pendant la première année d'exercice du système et donne le chiffre de la dépense totale par bougie-heure qui est de 0,0031 fr. — L'acétylène est produit dans une petite usine génératrice et comprimé ensuite dans des récipients cylindriques en tôle d'acier renfermant une certaine quantité d'acétone. Les récipients ont une capacité de 30 litres et l'acétylène est comprimé à 10 atm : une fois chargés à l'usine ils sont attachés aux longerons des voitures deux par deux et pourvus d'une soupape de réduction : les deux récipients sont capables de fournir ensemble 6000 litres d'acétylène dissous.

MESURES ET ESSAIS.

Causes d'erreurs dans la détermination du rendement des machines dynamo-électriques; Elmer I. Chute et William Bradshaw (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 649-659).

La détermination des pertes accidentelles dans les essais de rendement; L.-T. Robinson (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 679-700).

Comparaison des méthodes de charge des grandes génératrices à courant continu ou alternatif, et des convertisseurs synchrones dans les essais d'échauffement; F.-D. Newburg (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 659-679).

Comparaison des méthodes employées pour mesurer les pertes des alternateurs et des moteurs d'induction; E.-F. Collins et W.-E. Holcombe (*P. A. I. E. E.*, p. 189-207).

Méthode de détermination de la température des alternateurs, des moteurs et de la salle des essais; H.-G. Reist et T.-S. Eden (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 225-235).

Mesure de la température dans les machines dynamo-électriques; L.-W. Chubb, E.-I. Chute et O.-W.-A. Oetting (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 583-599).

Causes d'erreurs dans les essais de transformateurs; W.-M. Mc Conahey et C. Fortescue (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 575-583).

Notes sur les moyens d'effectuer les essais de charge des grands moteurs d'induction; A.-M. Dudley (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 617-627).

Proposition d'un étalon de forme d'onde; Cassius M. Davis (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 235-245).

Sur l'étalonnage du voltmètre à éclatement d'étincelles entre sphères; L.-W. Chubb et C. Fortescue (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 627-639).

L'éclateur à pôles sphériques; S.-W. Farnsworth et C.-L. Fortescue (*P. A. I. E. E.*, février 1913, p. 307-323). — L'auteur étudie les particularités de la production d'étincelles entre deux sphères égales et en tire quelques conclusions relatives à la réglementation entreprise par l'American Institute of Electrical Engineers.

BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin (H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.), 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

16791/376204. **Vedovelli Priestley et Cie.** — Système de traction électrique par conducteur aérien, 28 novembre 1912.

451141. **Société Zivnostenska Banka.** — Système de remontage et de mise en marche des commutateurs de numéros dans les postes téléphoniques automatiques d'abonnés, 27 novembre 1912.

451148. **Société dite Le Matériel téléphonique.** — Système de réseau téléphonique, 28 novembre 1912.

16765/440923. **Soldatencow.** — Dispositif de télégraphe électrique imprimeur, 30 janvier 1912.

16775/370976. **Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est.** — Machine monophasée à caractéristiques shunt, 28 octobre 1912.

451153. **Firme Robert Bosch.** — Procédé pour le pliage de la fibre et en particulier des tubes de fibres, 28 novembre 1912.

451270. **Société alsacienne de constructions mécaniques.** — Perfectionnement dans les appareils à touches, 8 février 1912.

451294. **Société Ernst Eisemann et Co.** — Dispositif de réglage de l'intensité et de la tension de la génératrice dans les installations d'éclairage électrique pour véhicules, 5 décembre 1912.

451338. **Società Ceramica Richard Ginori.** — Dispositif de connexion pour isolateurs électriques, 4 décembre 1912.

16788/426952. **Becker.** — Procédé pour réduire les pertes d'énergie dans les lignes avec des actions de compensation électromagnétiques variables, 26 novembre 1912.

451295. **Otto.** — Oscillateur en vase clos à haute tension pour la production d'ondes hertziennes, 3 décembre 1912.

451448. **Société auxiliaire des tramways et chemins de fer.** — Dispositif mécanique permettant d'opérer automatiquement le verrouillage des panneaux des trappes livrant passage aux prises de courant dans les lignes de tramways électriques à caniveau axial, 2 décembre 1912.

451409. **Société commercial Wireless Development Co.** — Perfectionnements aux appareils téléphoniques, 16 novembre 1912.

451430. **Société Marius Latour et Cie.** — Perfectionnements dans la transformation de fréquence des courants alternatifs à haute fréquence pour télégraphie et téléphonie sans fil, 22 novembre 1912.

451502. **Brown.** — Perfectionnements apportés aux relais électriques, 5 décembre 1912.

451653. **Duroquier.** — Chanterelle pour apprendre la lecture au son des radiotélégrammes, 10 décembre 1912.

451654. **Duroquier.** — Table d'accord et de réglage pour appareils récepteurs de télégraphie sans fil, 10 décembre 1912.

16798/433268. **Société Le Matériel téléphonique.** — Système téléphonique semi-automatique, 9 février 1912.

451379. **Girardeau.** — Alternateur à résonance spécialement applicable aux postes radiotélégraphiques à étincelle chantante, 5 novembre 1912.

451595. **Renault.** — Dispositif de réglage pour dynamo à vitesse variable, 7 décembre 1912.

451659. **Siemens-Schuckert Werke.** — Système de sécurités pour machines électriques dont le nombre de tours est réglé par la variation de leur champ.

16799/448371. **Froger.** — Régulateur automatique de voltage pour dynamos, 9 février 1912.

16819/438835. **Brown Boveri et Cie.** — Alternateur à deux collecteurs, 30 novembre 1912.

16824/449838. **Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.** — Dispositif d'amélioration de la commutation des moteurs monophasés, 3 décembre 1912.

Nouvelles Sociétés. — *Compagnie générale de distribution électrique de l'Oise.* — Société anonyme. Siège social : 8, rue Saint-Phillipe-du-Roule, Paris. Durée : 99 ans. Capital : 600 000 fr.

Société Andelysienne d'électricité. — Société anonyme. Siège social : 11, rue de la Tour-des-Dames, Paris. Durée : 99 ans. Capital : 1 200 000 fr.

Société en nom collectif Boëda et Chanson. — Fabrication d'articles d'électricité. Siège social : 44, rue Montmartre, Paris. Durée : 20 ans. Capital : 5000 fr.

Société anonyme dite *Compagnie générale d'entreprises électriques.* — Siège social : 24, boulevard des Capucines, Paris. Durée : 90 ans. Capital : 300 000 fr.

Société anonyme dite *Etablissements Devilaine et Rougé.* — Omnium d'installations électriques. Siège social : 47, rue Saint-André-des-Arts, à Paris. Durée : 99 ans. Capital : 1 200 000 fr.

Société en nom collectif Derry et Cie. — Électricité. Siège social : 2, place Félix-Fournier, à Nantes. Durée : 10 ans. Capital : 22 000 fr.

Compagnie électrique de la Loire et du Centre. — Siège social : 94, rue Saint-Lazare. Durée : 99 ans. Capital : 22 millions.

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Pithiviers (Loiret). — On annonce que plusieurs projets ont été présentés à la municipalité pour l'installation de l'éclairage électrique.

Saint-Sébastien-les-Nantes (Loire-Inférieure). — Des pourparlers seraient engagés entre la municipalité et la Société nantaise d'électricité pour l'installation de l'éclairage électrique.

Cepoy (Loiret). — Le Conseil municipal aurait approuvé le traité avec la Société d'Énergie industrielle pour l'installation de l'éclairage électrique.

Château-Gontier (Mayenne). — La municipalité a, paraît-il, engagé des pourparlers avec la Société du Gaz pour l'installation de l'éclairage électrique.

Ramerupt (Aube). — Le Conseil municipal aurait approuvé une concession d'éclairage électrique pour une durée de 20 années.

Pierrefort (Cantal). — Un projet serait en préparation pour l'installation de l'éclairage électrique.

Champs-de-Bort (Cantal). — Le Conseil municipal aurait accepté les conditions proposées par M. Faucher pour la création d'une usine électrique.

Saint-Marcel (Eure). — Le Conseil municipal aurait accordé la concession de la distribution d'énergie électrique à la Compagnie française et continentale d'éclairage.

Saint-Egreve (Isère). — Le Conseil municipal aurait adopté un projet de concession d'éclairage électrique.

Bellac (Haute-Vienne). — Divers projets présentés pour l'installation de l'éclairage électrique sont actuellement à l'étude.

Blanc-Mesnil (Seine-et-Oise). — La municipalité aurait mis à l'étude un projet d'installation de l'éclairage électrique.

Bône (Algérie). — On annonce que le Conseil municipal aurait adopté les conclusions du rapport de la Commission des travaux concernant la construction d'une usine génératrice d'énergie électrique.

Brioude (Haute-Loire). — Des pourparlers seraient engagés entre la municipalité et la Compagnie du gaz pour l'installation d'une distribution d'énergie électrique.

Burbanche (La) (Ain). — On annonce qu'une Société anonyme a l'intention d'installer une usine électrique pour alimenter cette localité et les villages environnants.

Cernay-lez-Reims (Marne). — Le projet d'une distribution électrique serait actuellement soumis à l'enquête.

Coligny (Ain). — La municipalité serait en pourparlers avec l'Union électrique pour l'installation d'une distribution d'énergie électrique.

Garchizy (Nièvre). — On annonce que la Compagnie Edison vient de terminer le projet d'installation d'une usine centrale dont le réseau de distribution s'étendrait sur cinq départements et serait relié aux réseaux voisins actuellement en service.

Ducey (Manche). — Il serait question d'utiliser une chute d'eau de la Selune, en amont de Ducey, pour distribuer l'énergie électrique dans tout l'arrondissement.

Lannoy (Nord). — Le contrat d'installation d'une distribution d'énergie électrique aurait été signé par le maire.

Nangis (Seine-et-Marne). — Il serait question de construire une usine génératrice qui fournirait l'éclairage électrique à toute la région dans un rayon de 40 km.

Portet (Haute-Garonne). — La municipalité aurait accepté en principe les propositions de la Société pyrénéenne d'énergie électrique pour l'installation de l'éclairage électrique.

Sailly (Nord). — Le Conseil municipal aurait donné un avis favorable à la demande de concession pour une distribution d'énergie électrique pour tous usages autres que l'éclairage. Le maire serait également chargé de traiter pour l'éclairage.

Salins (Jura). — Une Commission municipale serait chargée d'étudier les propositions relatives à l'installation d'une distribution d'énergie électrique.

Saint-Afrique (Aveyron). — On annonce que la municipalité serait d'accord avec la Société d'énergie électrique de la Sorgue et du Tarn pour établir une distribution d'énergie électrique.

Saint-Germain-le-Vassou (Calvados). — La Société des mines de Barbery aurait été autorisée à installer des lignes électriques pour son service sur le territoire de cette commune ainsi qu'une canalisation pour l'éclairage public et gratuit.

Saint-Marc (Finistère). — Le projet de concession d'une distribution d'énergie électrique avec privilège pour l'éclairage privé présenté par la Compagnie d'électricité de Brest serait soumis à l'enquête.

Sanvignes (Saône-et-Loire). — Le Conseil municipal aurait approuvé le traité passé avec la Société l'Énergie industrielle.

Viriville (Isère). — La Société électrique Force et Lumière de Grenoble serait chargée de l'installation de l'éclairage électrique.

Vitteaux (Côte-d'Or.). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique.

Saint-Jean-de-Losne (Côte-d'Or). — Le Conseil municipal aurait nommé une Commission pour étudier la question de l'éclairage électrique.

Saint-Brice et Courcelles (Marne). — Plusieurs projets d'installation d'une distribution d'énergie électrique sont actuellement soumis à l'examen du Conseil municipal.

Villejuif (Seine). — Le Secteur de la Rive gauche aurait obtenu la concession de la distribution de l'électricité.

Thiezac (Cantal). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans cette localité.

Vulaines (Seine-et-Marne). — La concession d'éclairage et de force motrice par l'électricité a, paraît-il, été accordée à la Société Gaz et Eaux.

Vertou (Loire-Inférieure). — Des pourparlers seraient engagés

entre la municipalité et la Société électrique pour la fourniture de l'éclairage électrique.

Marines (Seine-et-Oise). — L'éclairage électrique va, paraît-il, être installé dans cette commune.

Sidi-Chami (Algérie). — Le Conseil municipal aurait approuvé le projet d'installation de l'éclairage électrique.

Mons-en-Barœul (Nord). — Le cahier des charges présenté par la Société Électricité et Gaz du Nord pour la distribution de l'énergie électrique aurait été approuvé par la municipalité.

El Biar (Algérie). — Une enquête serait ouverte sur le projet d'installation de l'éclairage électrique dans la commune.

Tillenay (Côte-d'Or). — La Compagnie du Moulin du Pré serait chargée de l'installation de l'éclairage électrique dans cette localité.

Guise (Aisne). — On annonce que l'Énergie électrique du Nord de l'Aisne va distribuer le courant électrique à Guise et dans les communes environnantes.

Le Cateau (Nord). — La Société des usines à gaz du Nord et de l'Est aurait obtenu la concession de l'éclairage électrique.

Saint-Genis-Terrenoire (Loire). — Le maire serait autorisé de traiter avec la Société grenobloise de force et lumière pour la distribution de l'énergie électrique dans la commune.

Hellemmes-Lille (Nord). — Le cahier des charges présenté par la Société Électricité et Gaz du Nord aurait été approuvé par la municipalité.

Saint-André-sur-Orne (Calvados). — La concession de l'éclairage électrique aurait été accordée à la Société régionale d'électricité de Caen.

Pleurs (Marne). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique.

Le Theil (Ardèche). — On annonce que l'éclairage électrique va être installé par la Société électrique de la vallée du Rhône.

Paray-le-Monial (Saône-et-Loire). — La municipalité aurait émis un avis favorable à la demande de concession de l'éclairage électrique présentée par M. Mercier.

DIVERS.

Académie des Sciences de Paris. — Saisie d'une pétition de 26 de ses correspondants nationaux demandant la création, pour les savants de province, de places nouvelles d'académiciens portant le titre de membres de l'Institut et ayant les mêmes prérogatives que les académiciens libres actuels, l'Académie des Sciences de Paris, après délibération, vient de prendre à l'unanimité la détermination suivante :

Il est créé à l'Académie des Sciences six places de membres non résidents.

Elles sont réservées aux savants français qui résident hors des départements de la Seine et de Seine-et-Oise.

Nul ne peut être nommé membre non résident s'il n'est déjà correspondant de l'Académie.

Les membres non résidents ont tous les droits et prérogatives assurés par le règlement aux associés étrangers.

Ils peuvent prendre part aux travaux de l'Académie dans les mêmes conditions que les académiciens libres actuels.

Ils auront droit de vote quand il s'agira de remplacer l'un d'eux.

LITTERATURE DES PÉRIODIQUES [1]

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

FORCE MOTRICE. — *L'utilisation des chutes d'eau de la région des sources de la Wesel*; D. BARTEL, *E. K. B.*, 4 avril 1913, p. 194-202). — Extrait et commentaire d'un rapport adopté récemment par la Chambre des Députés de Prusse sur l'utilisation des chutes de la Haute-Wesel.

Mesure de l'eau dans les usines pour déterminer le prix de revient de la vapeur ou pour les essais de chaudières; J. IZART (*Technique moderne*, 15 avril 1913, p. 314-316). — Rares sont les usines qui connaissent le prix de revient régulier de la tonne de vapeur, uniquement parce que la connaissance de ce facteur implique la mesure de l'eau vaporisée. Pour cette raison l'auteur donne quelques notes pratiques sur les moyens propres à réaliser ce mesurage de l'eau. — Les compteurs fermés placés sur le refoulement donnent toujours des indications erronées et souvent leur mise en place dans les installations où leur emplacement n'a pas été prévu à l'avance occasionne des difficultés ou des troubles dans la marche de la chaufferie. Les compteurs de vitesse (à palettes, etc.) sont à rejeter absolument. Les compteurs volumétriques (à piston, etc.) sont plus exacts, mais ils exigent un entretien et une attention qu'on ne leur donne presque jamais en pratique. Les compteurs ouverts, à basculement, sont seuls admissibles, en ce sens que leur fonctionnement est simple, facile à vérifier et que leurs indications sont exactes. Les uns pèsent l'eau littéralement et il n'est besoin de correction d'aucune sorte. C'est le cas par exemple des compteurs Degrémont, Eckardt, Wilcox, qui sont ensuite décrits dans l'article. — Pour les gros débits, les compteurs, même ouverts, deviennent encombrants et prohibitifs; il est alors plus simple de mesurer les débits d'après les lois de l'écoulement. La maison Sulzer construit un mesureur de débit de ce genre, constitué par un cylindre vertical muni, à la partie inférieure, d'un ajutage exactement calibré. Après la description de ce compteur, un autre du même genre, le compteur Venturi est signalé. — Pour des essais de chaudières proprement dits, si l'on ne possède pas de compteur ouvert, il est toujours simple d'installer à peu de frais un jaugeage à la bâche d'aspiration de la pompe alimentaire; M. Izart décrit deux dispositifs qui sont d'une installation commode. — En terminant M. Izart fait remarquer que si l'on emploie dans l'usine des appareils de retour direct d'eau condensée aux chaudières, il faut nécessairement, pendant l'essai, supprimer ce retour. Il conviendra aussi de mettre un joint plein à tous les branchements ou conduites en connexion directe ou indirecte avec le collecteur d'alimentation et dont l'emploi est inutile pendant l'essai.

Indicateur de niveau d'eau, système Gerkinet (*Technique moderne*, 15 avril 1913, p. 316). — Cet indicateur, très répandu dans le Hainaut, alors qu'il est à peu près inconnu en France, comprend un flotteur qui agit sur aiguille indicatrice se déplaçant sur un boîtier, lequel est en libre communication avec la chaudière. De cette façon il n'y a pas de presse-étoupe entourant la tige de commande et l'appareil est très sensible. Deux sifflets, l'un à son grave, l'autre à son aigu, indiquent le manque ou l'excès d'eau.

GÉNÉRATRICES ÉLECTRIQUES. — *La capacité des générateurs électriques et la capacité des moteurs primaires qui les commandent*; David-B. RUSHMORE et Éric A. LOF (*P. A. I. E. E.*, mars 1913, p. 709-721). — Par suite de l'habitude prise par les constructeurs de fournir des machines pouvant supporter 50 pour 100 de surcharge, il y a souvent un écart considérable entre la puissance de ces machines et celle des moteurs primaires qui correspond au meilleur rendement de ceux-ci. Les auteurs estiment qu'il conviendrait de fixer par règlement les puissances des diverses parties d'un groupe générateur électrique.

Alternateur destiné aux mesures à la fréquence des courants téléphoniques; A. EBELING (*E. T. Z.*, 17 avril 1913, p. 433-436). — L'auteur décrit les perfectionnements apportés par Siemens et Halske à la machine inventée par Ad. Franke pour l'essai des lignes et des appareils à une fréquence voisine de celle des courants téléphoniques : Dans sa nouvelle forme cette machine permet de faire des mesures sur les réseaux pupinisés et d'évaluer les pertes dans les câbles modernes, ce qui exige la détermination d'angles très petits (angle des pertes) sur lesquels une erreur de quelques minutes prend une importance considérable.

Turbo-alternateurs à grande vitesse; F. NIETHAMMER (*E. K. B.*, 24 mars 1913, p. 178-183). — Description de quelques turbo-alternateurs construits récemment par diverses maisons étrangères.

Explosion d'une turbo-dynamo (*E. T. Z.*, 10 avril 1913, p. 419-420). — Il s'agit de la dynamo de l'un des groupes de 5000 kw (turbine Zoelly) que nous avons signalés dans *La Revue électrique* du 7 février 1913, page 123 et appartenant à la Rheinisch-Westfälisch Elektrizitätswerk, de Dusseldorf. Vers 11 h du soir, on entendit brusquement un bruit tout particulier provenant de la dynamo en question, mais qui s'éteignit rapidement; en même temps la charge tombait à zéro et remontait aussi vite à sa valeur normale. L'arrêt du groupe fut aussitôt décidé, ce qui ne pouvait en rien troubler le service, puisque tous les soirs un groupe est mis hors service. On diminua progressivement la charge au moyen du régulateur, et à 900 kw, le circuit fut coupé. Au moment où l'on fermait la soupape principale, la dynamo fit explosion avec un fracas épouvantable. On n'a heureusement pas eu à déplorer d'accidents de personnes, mais les dégâts matériels sont considérables. Cinq pièces polaires pesant chacune 900 kg trouèrent la toiture et allèrent tomber en différents endroits, l'une dans une rue

[1] Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.

voisine où elle détériora l'angle d'une maison, deux autres à plus de 100 m de l'usine. L'usine était jonchée de débris de fer et de bois; sept pièces polaires étaient restées dans le hall des machines. Le groupe voisin prit feu à son tour et c'est le seul dommage causé au matériel; mais les bâtiments de l'usine et les maisons voisines ont eu beaucoup à souffrir. Grâce à la présence d'esprit, et à l'expérience du personnel, la distribution du courant n'a subi qu'une interruption de 9 minutes. Les causes de l'accident sont encore inconnues et il est très probable qu'on arrivera difficilement à les établir.

La production d'énergie électrique par des groupes dynamo-moteurs à gaz de grande puissance; Schömburg (*E. T. Z.*, 3 avril 1913, p. 384-385). — L'auteur montre, par un certain nombre d'installations existantes, que les puissants moteurs à gaz prennent une place de plus en plus grande dans les usines génératrices importantes. Cette faveur toujours croissante provient non seulement de la facilité de mise en marche de ces moteurs et de l'utilisation avantageuse des calories de leurs gaz d'échappement, mais encore parce qu'ils fournissent le courant à très bas prix, grâce à l'emploi de combustibles à bon marché dans les gazogènes. Le procédé Mond, par exemple, permet la récupération de sulfate d'ammoniaque dans des conditions particulièrement avantageuses; l'auteur établit, chiffres en mains, qu'avec un rendement en sulfate de 3,75 pour 100, et la production d'une partie de la vapeur par les gaz d'échappement, une installation d'une puissance nominale de 6000 kw produisant annuellement 26 000 000 kw-h peut fournir le courant à 0,022 fr le kilowatt-heure. Ainsi la nouvelle installation de la « Railway-Power-Station », de Kamata (Japon), comprend une usine de ~~50,6 m × 27,5 m de surface~~, où travaillent ~~quatre~~ moteurs à gaz pauvre, de 2200 chevaux accouplés chacun à une génératrice triphasée de 1500 kw dont l'inducteur a 6,7 m de diamètre, 1000 mm de largeur et pèse 100 tonnes en chiffres ronds. Les unités sont formées de deux moteurs en tandem dont les caractéristiques sont : diamètre du cylindre, 1200 mm; course du piston, 1300 mm; nombres de tours par minute, 94; les gaz d'échappement sont dirigés dans des chaudières tubulaires pour la production de la vapeur nécessaire à la gazéification. Le démarrage se fait par de l'air comprimé. Le coefficient d'irrégularité des moteurs est de $\frac{1}{250}$. — La United Railways C° », de San-Francisco utilise des moteurs à gaz pauvre de 5000 chevaux accouplés à des génératrices triphasées de 3500 kw. Prévus d'abord comme réserve, on n'a pas tardé à les faire participer au service courant à cause de leurs avantages. Comme accessoire, on recueille du noir de fumée dans les laveurs et les surchauffeurs. — Signalons encore une installation allemande de moteurs à aspiration, constituée par des unités de 800 chevaux, entraînant des génératrices triphasées de 550 kw à la vitesse de 94 t : m. Le coefficient d'irrégularité est ici $\frac{1}{200}$. La gazéification est produite avec du coke d'un pouvoir calorifique de 7000 calories et laissant environ 6 à 8 pour 100 de déchets. La consommation de combustible est en moyenne de 0,58 kg par cheval-heure, ce qui correspond à 4000 calories. En comptant la tonne de coke de 23 fr à 24 fr pour une production annuelle de 3 900 000 kw : h, le prix du kilowatt-heure est de 0,0185 fr. Le coefficient d'utilisation de cette centrale n'est donc que $\frac{3\,900\,000}{1100 \times 300 \times 24} = 41$ pour 100; malgré tout le prix du kilowatt-heure ne dépasse pas 0,036 fr, y compris l'intérêt et l'amortissement d'un capital de 300 000 fr, et estimant les dépenses en huile à 0,001 fr par kilowatt-heure. Il faudrait pouvoir élever le facteur d'utilisation entre 60 et 65 pour 100, par exemple en faisant travailler l'usine la nuit; alors le prix de revient du kilowatt-heure s'abaisserait facilement à 0,022 fr.

Commutatrices, convertisseurs, etc. — *Commutatrices pour le service de la traction*; F. Riep (*E. T. Z.*, 13 mars 1913). — L'auteur revendique, pour les commutatrices à un seul induit, les avantages suivants : prix minoré, faible encombrement, facteur de puissance et rendement excellents, entretien facile. Il décrit le type construit par les Siemens-Schuckertwerke, de Berlin, depuis 30 kw à 800 kw. Les commutatrices les plus employées sont celles de 250 kw. Le démarrage a toujours lieu du côté triphasé avec interposition d'un transformateur; quand on est arrivé au synchronisme, on applique la haute tension à l'aide d'un commutateur

Le démarrage des convertisseurs en cascade; R.-J. Jensen (*E. T. Z.*, 3 avril 1913, p. 382-384). — L'auteur donne une théorie des phénomènes qui se déroulent dans le rotor d'un convertisseur en cascade, au moment du démarrage; il en résulte que la réaction de l'induit rend difficile la synchronisation; mais on peut obvier à ces inconvénients par l'emploi de bobines de réactance au démarrage. Avec les machines de faible puissance, l'insertion des bobines a lieu par un dispositif automatique.

Groupe moteur-générateur installé à l'Institut électrotechnique de Hanovre pour compenser les variations de tension du réseau; E. Beckmann (*E. T. Z.*, 3 avril 1913, p. 376-380).

Recherches expérimentales sur le redresseur à vapeur de mercure; W. Tschudy (*E. K. B.*, 4 février 1913 p. 69-80). — Les premières recherches, entreprises par Cooper-Hewitt, Steinmetz et Weintraub sur les redresseurs à vapeur de mercure, furent des recherches d'orientation, d'un caractère purement scientifique. Plus tard G. Schulze, von Keller, Polak et d'autres auteurs entreprirent sur ces appareils des recherches d'ordre technique. Steinmetz et Polak relevèrent, en particulier, quelques courbes de tension au moyen de l'oscillographe, mais ne soumirent pas ces courbes à l'analyse. C'est cette analyse que M. Tschudy s'est proposé d'entreprendre, afin d'établir, en particulier, si la consommation effective de l'ampoule dépendait de la forme des courbes. L'auteur décrit l'appareil, à l'aide duquel il a entrepris ces recherches, ainsi que le montage qu'il a employé. M. Tschudy trouva, pour le rendement global de l'appareil essayé (y compris le diviseur de tension), les valeurs suivantes : à demi-charge (525 watts) — 8,25 pour 100; à pleine charge (1050 watts) — 78,3 pour 100. L'auteur étudia la variation des divers rendements (rendement de l'ampoule seule, rendement du diviseur de tension, rendement global) avec la tension et la fréquence. Il releva ensuite, à l'aide d'un ondographe, les courbes suivantes :

1° Courbes de la tension et du courant dans le circuit à courant alternatif;

2° Courbes de la tension et du courant dans le redresseur;

3° Courbes de la consommation effective dans le circuit du courant redressé;

Ces courbes furent relevées pour une tension constante de 110 volts et une fréquence constante de 50 périodes par seconde du côté alternatif et en charge non inductive (lampes à incandescence).

L'auteur entreprit la décomposition de ces courbes en harmoniques sinusoïdales; il donne dans son étude les résultats de ses calculs. Pour une forme sinusoïdale de la courbe de f. e. m. de la génératrice fournissant le courant alternatif, M. Tschudy trouva que le rendement global était de 78,7 pour 100, pour la fréquence et la puissance normales; ce rendement tombait à 75 pour 100 avec une courbe rectangulaire et à 65,8 pour 100 avec une courbe en pointe.

L'auteur cite également les essais de Schäfer (La *Revue Electrique*, 17 janvier 1913, p. 56) qui, avec un redresseur de 75 kw environ à ampoules d'acier, obtint un rendement de 90 pour 100. Ce dernier résultat montre que le redresseur à mercure peut trouver son emploi pour des puissances assez élevées. Cooper-Hewitt, a d'ailleurs également entrepris récemment des essais avec un redresseur d'une puissance encore plus grande, destiné spécialement à la traction; mais les résultats n'en sont pas encore connus. M. Tschudy termine par quelques considérations sur d'autres types de redresseurs qui sont :

1° le redresseur électrolytique à aluminium;
2° le redresseur triphasé S. S. W.;
3° le redresseur à relais Koch et Sterzel.

Accumulateurs. — *Procédé graphique pour la répartition économique de la puissance entre les machines et les accumulateurs dans les installations munies de batteries-tampons*; G. Huldschiner (*E. K. B.*, 14 février 1913, p. 96-100).

Usines d'électricité. — *La construction et l'exploitation de l'usine génératrice badoise de la Murg*; Th. Koehn (*E. T. Z.*, 20 mars 1913, p. 324-327). — L'auteur discute le projet de loi actuellement soumis aux délibérations de la chambre du Grand duché de Bade relativement à l'édification, par l'État, de la susdite

Page XXXV-bleue

techniker); M. Gierlich (*E. T. Z.*, 10 et 17 avril 1913, p. 423-424, 455-456).

La réparation des fusibles de sûreté; H. Perls (*E. T. Z.*, 10 avril 1913, p. 416). — Dans une brochure ayant le titre ci-dessus, le Verband Deutscher Elektrotechniker met les Directeurs d'usine en garde contre les prétendues réparations de fusibles que proposent certaines maisons dans des réclames très alléchantes. D'après les expériences poursuivies pendant de longues années par la Société allemande, la réparation des fusibles n'est pas économique et, de plus, les appareils remis à neuf sont dangereux,

Nouvelle règle pour le calcul rapide des conducteurs électriques; E. Besser (*E. T. Z.*, 10 avril 1913, p. 414-416). — La règle a 15 cm de longueur et permet : 1° par un seul mouvement de la réglette qui amène la division ampère sous la division supérieure qui correspond à la longueur, d'avoir la chute de tension pour toutes les sections de fil de cuivre de fabrication courante; 2° par un seul mouvement de la réglette qui fait correspondre les divisions de la section et de la longueur, d'obtenir immédiatement le poids et le prix du cuivre quel que soit le cours de celui-ci; 3° au dos de la règle sont reproduites les divisions ordinaires des règles à calcul avec lesquelles on opère les multiplications et les divisions.

La fourniture d'électricité au royaume de Bavière; Oskar von Miller (*E. T. Z.*, 13 mars 1913, p. 297-298). — L'auteur a présenté au Conseil de l'Empire un projet de loi qui envisage la centralisation et l'unification de la fourniture d'énergie électrique au royaume de Bavière. On remplacerait ainsi beaucoup de petites usines par une distribution unique à laquelle participeraient les grandes stations déjà existantes, soit municipales, soit privées. Il en résulterait une uniformisation et un abaissement des tarifs où tous les consommateurs, mais principalement les petits, trouveraient leur avantage. Cependant, pour qu'une entreprise d'une pareille envergure réussisse, il faut procéder d'après un plan n'envisageant que l'intérêt général; c'est donc au gouvernement qu'il convient de s'adresser pour l'élaboration de ce projet. La participation financière pourrait être la suivante : État, 40 millions et plus tard 80 millions; les municipalités et les entreprises privées, même versement; les constructeurs, 20 millions et ultérieurement 80 millions. Le premier capital investi serait donc 100 millions et serait doublé dans la suite. L'auteur ne doute pas du succès de son projet; car cette centralisation a déjà obtenu un plein succès dans la province de Pfalz. Les villes de Ludwigshafen, Speyer, Frankenthal, Hombourg et Zweibrucke et la Rheinische Schuckert-Gesellschaft ont, outre leurs installations, apporté aussi leur concours financier.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Diagramme pour le moteur série triphasé; L. Binder (*E. T. Z.*, 10 avril 1913, p. 410-414). — L'auteur établit d'abord, pour un moteur schématique, le diagramme qui montre les relations existant entre : l'angle des balais, la tension du stator, la tension du rotor, le nombre de tours le couple et le déphasage entre la tension et le courant; ce diagramme montre encore comment le fonctionnement stable ou instable du moteur dépend du rapport : ampères-tours rotoriques sur ampère-tours statoriques; il indique, enfin, quelle doit être la valeur de ce rapport pour qu'une marche stable soit toujours possible. On considère enfin un moteur à deux groupes de balais et de son diagramme on peut encore déduire toutes les données de son fonctionnement. Pour cette étude, l'auteur a négligé la chute ohmique, la tension de dispersion et les courants de court circuit sous les balais. Par contre, il a supposé d'abord le fer non saturé, puis saturé.

Améliorations apportées aux bobines des induits en tambour des moteurs bipolaires; Karl Weltzl (*E. T. Z.*, 27 mars 1913, p. 351-352). — L'amélioration consiste à bobiner les sections sur des gabarits de forme particulière de façon à favoriser le refroidissement. Les fils extérieurs sont contournés et divisés, pour chaque encoche, en deux paquets entre lesquels existe une sorte de canal de ventilation. Ce dispositif a été breveté par la Gansche Elektrizitäts A.-G. de Budapest.

Sur l'emploi des moteurs synchrones sur un réseau alimenté par des usines hydro-électriques; Lucius B. Andrus (*P. A. I. E. E.*, mars 1913, p. 721-757). — L'auteur expose les raisons qui ont conduit l'Indiana und Michigan Electric C° à employer des moteurs synchrones en vue de fournir le courant d'éclairage et de



force motrice avec la même régularité que si une usine génératrice spéciale était installée pour la fourniture de ce courant.

Grue-locomotive à voie normale avec accumulateurs Edison; M. Buhle (*E. K. E.*, 14 mars 1913, p. 161-164). — Description d'une grue-locomotive à voie normale, construite par la Lauchhammer A.-G., et comportant une batterie Edison de 150 éléments et d'un poids de 2133 kg. La tension normale est de 175 volts. La charge de la batterie a lieu en 3 heures 45 minutes au régime de 110 ampères. La capacité totale de celle-ci est de 51 kw-h, ce qui permet de lui emprunter presque constamment 15 chevaux pendant 4 heures.

Nouvelle commande électrique à distance pour gouvernails et dispositifs analogues; Krämer (*E. T. Z.*, 17 avril 1913, p. 430-433). — C'est une variante du schéma Léonard dûe à l'Allgemeneine Elektricitäts Gesellschaft. Un émetteur permet de faire varier l'excitation d'une dynamo qui entraîne l'appareil, tandis qu'un récepteur lié au moteur couplé à la dynamo permet d'annuler l'excitation après un certain nombre de tours. Ce système de commande est surtout applicable aux gouvernails: avec une légère modification, il permet de réaliser des mouvements circulaires et rendre, par exemple, les déplacements d'un projecteur solidaires des rotations d'une lunette de pointage.

Soufflerie portative de la Blackman Export C° Ltd, de Londres (*E. T. Z.*, 20 mars 1913, p. 333). — L'appareil comprend une soufflerie capable de produire un courant d'air à la pression de 76 cm d'eau et qui est directement accouplée à un électromoteur à courant continu ou alternatif. Tous les accessoires sont montés sur le même chariot plat à roues de caoutchouc que le moteur et la soufflerie. Un long câble souple est enroulé sur une poulie portée par le brancard; l'appareil sert à dissiper les vapeurs méphitiques des récipients à huile, pétrole, alcool, etc., et à sécher les tonneaux et les bouteilles.

Les machines soufflantes pour aciéries; H. Noble (*Technique moderne*, 15 avril 1913, p. 306-311). — L'auteur étudie successivement la construction des soufflantes à pistons, des soufflantes à vapeur, des soufflantes à gaz de haut fourneau, des soufflantes à commande électrique et enfin des turbo-soufflantes. Le Chapitre consacré aux soufflantes à commande électrique est très court; le voici : — « Quand la puissance motrice est éloignée de l'aciérie, il est aisé de recourir à l'électricité pour l'y transporter.— On emploie pour les soufflantes des moteurs électriques à marche très lente à pôles multiples, dont les bobines sont montées sur la jante d'un volant de grand diamètre. Les pistons des cylindres soufflants, actionnés directement par l'arbre du moteur ont leurs manivelles calées à 90° pour régulariser tant le débit que l'effort résistant. — Le démarrage, la marche à vide et la limitation de l'effort sont réalisés par la mise en communication totale ou partielle des chapelles de refoulement avec l'aspiration; les variations de vitesse ou de débit sont obtenues par des résistances électriques ou par des combinaisons dans l'alimentation de l'inducteur et de l'induit. Les moteurs à courant continu se prêtent plus facilement que les moteurs à courants alternatifs aux variations qu'impose le service des convertisseurs. — A l'aciérie de Peine (Allemagne), alimentée par les hauts fourneaux d'Ilsede, la soufflante est actionnée par un moteur électrique: son débit est de 800 m³ : m, avec pression de refoulement de 2 kg : cm²: sa puissance maximum est de 2000 chevaux. Le moteur à courant continu (500 volts) comporte 20 pôles saillants et autant de pôles de commutation avec induit bobiné en tambour imbriqué. La vitesse normale de 80 tours est réglée par une résistance intercalée dans le circuit inducteur, ou, pour des variations de plus grande amplitude, par une résistance montée en série sur l'induit. L'énergie électrique est fournie à l'aciérie sous forme de courant triphasé à 9400 volts, transformé en courant continu à 500 volts par un convertisseur rotatif. »

Sur la production de la force motrice dans les mines de charbon pour l'exploitation de celles-ci; C.-W. Beers (*P. A. I. E. E.*, avril 1913 p. 833-847). — L'auteur montre que l'installation d'une petite usine pour desservir une mine de charbon n'est généralement pas économique et qu'il est souvent plus avantageux pour l'exploitant de s'adresser à une grande distribution d'énergie électrique.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

La conductivité électrique du verre; R. AMBRONN (*Phys. Zeits.*, 1[er] février 1913, p. 112-118). — A l'instigation du professeur Voigt, l'auteur a entrepris à l'Institut de Gœttingue une série de recherches sur les variations de conductivité du cristal de roche et de quelques verres de composition simple, sous l'action de la température. Comme la conductivité de ces substances est de nature électrolytique, il a fallu prendre des précautions spéciales pour éviter les phénomènes de polarisation. L'emploi d'électrodes impolarisables, telles que l'amalgame de sodium, est impossible aux températures supérieures à 350°. D'autre part, la mesure des courants alternatifs très faibles présente de grandes difficultés. L'auteur a donc eu recours au procédé suivant : il se servait d'une source à courant continu avec commutateur tournant, de façon que les échantillons en essai fussent soumis à des tensions alternées. Les plaques de verre ou de cristal de roche utilisées dans les mesures étaient de forme circulaire, de 20 mm de diamètre et de 2 à 3 mm d'épaisseur. Des disques de platine, venant s'appliquer contre leurs faces planes, elles-mêmes platinées, servaient d'électrodes. La composition moléculaire des verres étudiés était la suivante :

1° 0,50 Na^2O + 0,25 CaO + 2,00 SiO^2;
2° 0,75 Na^2O + 0,25 CaO + 2,00 SiO^2;
3° 1,00 Na^2O + 0,25 CaO + 2,00 SiO^2;

Les mesures effectuées à des températures variant entre 100° et 460° montrèrent que la résistance peut être représentée par une expression de la forme : $w = \alpha e^{\frac{B}{\theta}}$, α et B sont des constantes caractérisant les différents verres; θ est la température absolue. Pour les trois variétés de verres essayées, les valeurs de α et B sont : 1° $\alpha \times 10^5 = 1035$; $B = 9482$; 2° $\alpha \times 10^5 = 642$, $B = 8779$; 3° $\alpha \times 10^5 = 498$, $B = 8155$. B est une fonction linéaire de la concentration en soude; α décroît avec cette concentration c, d'abord rapidement, puis moins vite. Le produit αc n'est pas constant, mais on peut déterminer un nombre k tel que $\alpha (c - k)$, soit à peu près invariable pour les trois sortes de verre. Ce terme k correspondrait à l'existence d'un certain nombre d'ions sodium non dissociables. — L'étude du quartz conduisit à des résultats particulièrement complexes. L'auteur observa d'abord que la conductibilité apparente croissait avec la vitesse du commutateur; elle n'avait pas encore atteint une valeur limite pour 200 alternances par seconde. De nombreuses mesures réalisées à diverses températures avec des fréquences variables permirent d'établir la relation

$$W = W_0 + a\sqrt{\tau};$$

a est une constante; τ est la durée d'une période de commutation complète; W_0 est la résistance vraie. C'est cette grandeur W_0 ainsi déterminée expérimentalement que l'auteur a introduite dans les formules. L'influence de la température est alors représentée par l'équation $\operatorname{Log} W_0 = A + \frac{B}{\theta - C}$, A, B, C étant des constantes et θ la température absolue. Dans les différents échantillons essayés, C avait une valeur à peu près fixe et égale en moyenne à 225°. Le coefficient B, qui caractérise la variation de la conductivité avec la température était compris entre 1400 et 1600. Quant au terme A, il variait dans de larges limites, 0,3 à 2,7. Il dépend de l'orientation de la plaque par rapport à l'axe cristallographique; en outre des écarts importants étaient dus aux différences de pureté et d'homogénéité des échantillons.

La production de rayons Röntgen durs; F. DESSAUER (*Phys. Zeits.*, 15 mars 1913, p. 246-247). — On a souvent besoin de rayons Röntgen très durs, c'est-à-dire, très pénétrants, par exemple pour le traitement de tumeurs profondes; il est difficile de les

isoler, car chaque illumination du tube est en réalité formée d'un mélange de radiations, en sorte que la qualification des tubes en tubes « durs » ou « mous », ne répond qu'à une modalité moyenne. L'auteur a recherché si la production des différents rayons est simultanée ou si ces rayons ne prennent naissance que successivement. La bobine est excitée suivant le dispositif que nous avons indiqué dans la *Littérature des périodiques* du 7 février, page 37. Les rayons X sont concentrés sur une fente de 0,1 cm de largeur taillée dans une feuille de plomb; par derrière, on dispose un film qui est entraîné par un disque animé d'un mouvement de rotation très rapide. Cette expérience a d'abord montré que la durée de l'émission, pour une étincelle, est d'environ 4×10^{-3} seconde, puis que la décharge a lieu par branches successives. La question se pose maintenant de savoir si ces branches sont complexes ou simples, c'est-à-dire si chacune d'elles est caractérisée par un rayonnement qui n'a aucune relation avec les branches voisines. Pour élucider ce deuxième point, on interpose, en avant de la fente sur le trajet des rayons X des gradins en aluminium de différentes épaisseurs et l'on remplace le film par une plaque plus sensible; au développement, celle-ci a montré que les rayons durs se produisent les premiers, puis viennent les rayons moyens et enfin, les rayons mous. Cette particularité peut s'expliquer par les considérations théoriques suivantes. A l'instant de la rupture du circuit primaire, le tube Röntgen du circuit secondaire n'est pas encore ionisé et présente, par conséquent, une très grande résistance; le secondaire de la bobine d'induction se trouve alors dans les mêmes conditions que la bobine du secondaire d'un transformateur dont le circuit secondaire est ouvert. Par suite de la sef-induction et de la capacité, des oscillations à très haute tension prennent alors naissance aux extrémités de la bobine secondaire, et elles sont assez intenses pour vaincre la résistance du tube. Un courant d'abord faible s'établit sous une tension élevée; ensuite le tube s'ionisant de plus en plus, la tension décroît rapidement, tandis que le courant augmente d'abord et finalement décroît. En pratique, il faudrait donc provoquer une pointe de tension, puis couper le courant aussitôt que cette tension commencerait à décroître. L'auteur a réalisé un dispositif qu exécute automatiquement ces opérations, c'est-à-dire qui permet de produire des rayons durs à l'exclusion de tout autre; ce dispositif est construit par les Weifa-Werken, de Francfort-sur-le-Mein.

Sur la variation de résistance électrique du sélénium irradié par les rayons X et les rayons du radium; H. Guilleminot (*C. R. Acad. Sciences*, 14 avril 1913, p. 1155-1157). — La résistance de la cellule de sélénium (construite par la maison Ancel) est mesurée au pont de Wheatstone. Sa variation est déterminée par la déviation que subit de ce fait le galvanomètre placé dans la diagonale du pont; pour avoir cette variation en ohms, l'auteur a préalablement déterminé la courbe des déviations obtenues en faisant varier par sauts de 1000 ohms, et jusqu'à une variation totale de 10 000 ohms, une résistance connue mise à la place de la cellule, résistance dont la valeur initiale était successivement 100 000, 110 000, 120 000, ..., 300 000 ohms. — La cellule de sélénium expérimentée varie de résistance *avec la température* dans les proportions suivantes : de 330 000 ohms à 3° C., elle passe à 254 000 à 10°, à 200 000 à 15°, à 150 000 ohms à 20°; elle est d'une sensibilité remarquable à des variations minimes de température, à tel point que la présence d'une personne dans le laboratoire suffit pour diminuer la résistance. — La cellule varie aussi de résistance *avec le voltage*; ainsi la résistance qui, à 18°, sous 4 volts est de 167 000 ohms, passe à 177 000 sous 1 volt, et n'est plus que de 148 000 ohms sous 10 volts, 118 000 sous 20 volts; pour cette raison les expériences ont toujours été faites sous le même voltage, 4 volts. — Pour étudier l'action des rayons X et des rayons du radium, l'auteur opère comme il suit : Durant 5 minutes, il observe le régime de variation de la cellule; si, du fait des variations thermométriques, la résistance varie de plus de 250 ohms par minute, l'expérience est ajournée; si la variation est moindre, une correction est faite. Ensuite la cellule est soumise pendant 4 minutes au rayonnement, et les variations de résistance sont observées de 30 en 30 secondes. L'auteur donne un tableau des résultats obtenus. Il a utilisé ces résultats : 1° pour apprécier le degré de constance des tubes à rayons X; 2° pour des mesures

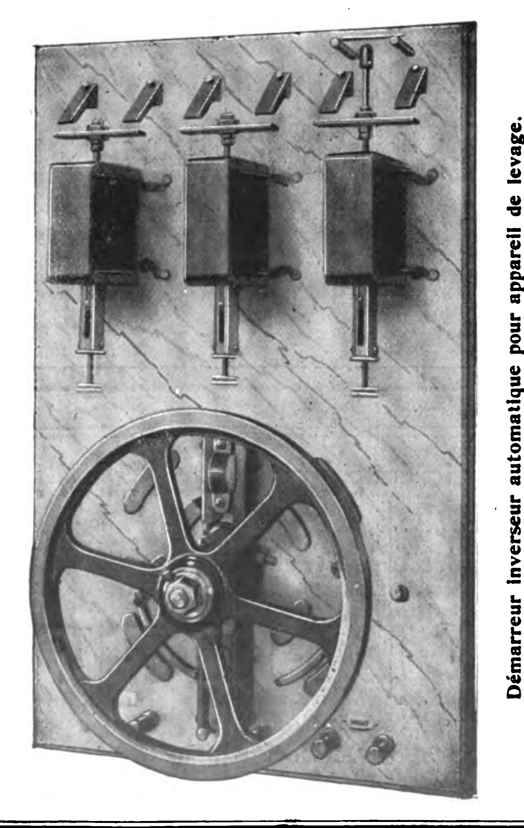
radiométriques plus précises que celles données par la fluorométrie; 3° pour le calcul de l'absorption par les filtres.

Sur l'état actuel de l'échelle des températures; G.-K. BURGESS (*Phys. Zeits.*). — L'auteur passe en revue les différentes échelles thermométriques en usage. L'échelle thermodynamique est seule indépendante des propriétés particulières d'une substance quelconque et, d'ailleurs elle est pratique à toute température, puisque les températures mesurées au thermomètre à gaz coïncident à très peu près avec la température absolue et que les lois du rayonnement permettent d'évaluer directement les hautes températures selon l'échelle thermodynamique. L'auteur donne une table de corrections fournissant la température absolue en fonction des indications des thermomètres à hélium, à hydrogène et à azote soit à pression constante ($p_0 = 76$), soit à volume constant ($v_0 = 100$); en particulier le thermomètre à hélium à volume constant donne la température absolue : à — 200° avec une erreur de + 0,01; de — 100° à 450°, il y a concordance absolue. Pour les plus basses températures réalisables, on emploiera donc les thermomètres à hélium et à hydrogène à volume constant. Au-dessus de 450° jusqu'à 1550°, qui est la température de fusion du palladium, on préfère le thermomètre à azote à pression constante, bien que cependant aucun accord international n'existe sur ce point. Il n'y a pas de raison d'aller au delà de 1550°, avec les thermomètres à gaz, parce que l'échelle thermodynamique, dans ces régions, est mieux réalisée par les instruments basés sur les lois du rayonnement. Comme appareils secondaires, nous citerons le thermomètre à mercure, dont les indications sont rapportées à celles du thermomètre à hydrogène, d'après les données du Bureau international des Poids et Mesures; de 300° à 520°, l'enveloppe contient un gaz inerte, et enfin, si cette enveloppe est en quartz, la limite qu'on peut atteindre avec le thermomètre à mercure est reculée jusqu'à 750° C. Pour les températures les plus basses, on a le thermomètre à toluène jusqu'à — 90°, et le thermomètre au pentane jusqu'à la température de l'air liquide. — Le Mémoire contient encore une table de correction pour le couple platine-platine rhodié (90 Pt et 10 Rh), et deux tables de points fixes (ébullition de l'hydrogène, fusion de la glace, solidification du mercure, fusion du zinc, du cadmium, etc.). L'auteur insiste plus particulièrement sur le thermomètre à résistance de platine qui est certainement, entre — 200° et 1000°, l'instrument secondaire le plus précis et qui a rendu de grands services depuis quelques années. Il suffit, pour calibrer cet instrument entre — 100° et 1000°, d'un seul point (outre 0° et 100°) par exemple le point d'ébullition du soufre, 444°,6 et l'on peut avoir la température centigrade entre 0° et 100° à 0°,004° près, c'est-à-dire avec une précision plus grande que celle qu'atteint le Bureau international des Poids et Mesures en reproduisant son échelle. Tous les couples thermo-électriques sont inférieurs, comme précision, au thermomètre ci-dessus; leur point faible réside dans la difficulté d'éliminer les forces électromotrices qui prennent naissance tout le long des fils de connexion du couple; il faut aussi compter sur leur manque d'homogénéité. — Enfin pour les hautes températures, nous avons encore les thermomètres fondés sur les lois du rayonnement de Wien et de Stefan. — Il serait en tous cas très désirable de choisir pour toutes les températures une échelle internationale. De cette manière une mesure effectuée entre 500° et 1000° aurait une signification aussi précise pour tous qu'entre 0° et 100°. Le choix le plus logique serait certainement celui de l'échelle thermodynamique.

VARIÉTÉS.

Sur les propriétés isolantes de l'air lorsqu'il est en présence de corps isolants de haut pouvoir inducteur; C.-L. FORTESCUE et S.-W. FARNSWORTH (*P. A. I. E. E.*, mars 1913, p. 757-773). — Les auteurs étudient les conditions qui influent sur la rigidité diélectrique de l'air en contact avec un isolant de grand pouvoir inducteur spécifique, et quelles sont les dispositions à prendre pour obtenir de l'ensemble le meilleur isolement.

L'application d'un théorème d'électrostatique au problème de l'isolement; C. FORTESCUE (*P. A. I. E. E.*, mars 1913, p. 773-794).



Démarreur inverseur automatique pour appareil de levage.

La silite, nouvelle substance pour résistances électriques; Kurt PERLEWITZ (***E. T. Z.***, 6 mars 1913, p. 263-267). — La nouvelle substance est un carbure de silicium préparé par Siemens frères et C°, de Berlin-Lichtenberg, d'après les brevets du Dr Egly. On mélange le carbure avec du silicium pur, et l'on incorpore à la masse un liant volatil ou susceptible de se carboniser. La pâte est coulée dans un moule approprié et ensuite portée à haute température; sous l'action de la chaleur, du carbone est libéré qui se combine au silicium pur pour former, sans doute, un carbure d'ordre inférieur, ce qui résulte de la structure cristalline que prend la matière au sortir du four. Les liants peuvent aussi rester incorporés à la matière même après le traitement calorifique; le produit final est cependant de moins bonne qualité, en sorte que l'addtiion de tout corps étranger est plutôt indésirable. On fabrique ainsi des résistances pour le chauffage électrique, des plots, des rhéostats de réglage, etc. L'article donne un grand nombre de photographies d'objets manufacturés.

Relation entre la quantité d'antiseptique absorbée et la durée de vie des poteaux imprégnés; BASILIUS MALENKOVIC (***E. T. Z.***, 17 avril 1913, p. 436-437). — Étude analytique de l'expérience acquise dans la technique de l'imprégnation des bois; comme résultat pratique, elle permet de prévoir à peu près la durée de vie d'un poteau injecté. — Rappelons que M. Nowotny, ingénieur des Télégraphes autrichiens, a déjà traité le même sujet. Soit z le poids en kilog d'antiseptique injecté par m^3 de bois; p le poids en grammes d'antiseptique nécessaire pour préserver 100 cm^3 d'une culture gélatineuse contre le penicillium, on appellera ***degré d'aseptisation*** a le rapport $\frac{z}{p}$. *Exemples.* — Pour le sulfate de cuivre, on a $z = 4{,}5$ kg, $p = 3{,}5$ pour 100; d'où $a = 1{,}3$; pour le chlorure de zinc, $a = 1{,}4$; pour le bichlorure de mercure, $a = 3{,}7$; pour le créosotage, à refus, $a = 29$. Les durées de vie L moyennes constatées sont : sulfate de cuivre, 14,1 années; chlorure de zinc, 12,2 années; sublimé, 16 années et créosotage, 22,3 années. Construisons une courbe en portant a en abscisses et L en ordonnées, comme l'a indiqué M. Nowotny; on reconnaîtra qu'à des valeurs croissantes de a correspondent des valeurs croissantes de L. Il est d'ailleurs facile de déduire de la courbe l'un des termes a ou L connaissant l'autre. Un cas particulier n'a pas été envisagé par M. Nowotny, c'est celui pour lequel $a = 0$, c'est-à-dire que le bois n'est pas imprégné. Sur la durée de vie de ces derniers, les données sont très incertaines; admettons en première approximation 6,25 années pour le pin et 3,5 années pour le sapin et supposons encore qu'on emploie trois fois plus la première que la seconde espèce de bois, nous aurons pour la vie moyenne probable de leur ensemble

$$L = \frac{3 \times 6{,}5 + 3{,}5}{4} = 5{,}55.$$

Si pour $a = x = 0$, on porte en ordonnées $L = y = 5{,}55$, et qu'on joigne ce point au point relatif au sulfate de cuivre ($a = x = 1{,}3$ — $L = y = 14{,}1$), ce segment ne se raccorde plus avec la courbe de Nowotny; celle-ci prolongée jusqu'à l'axe des y donnerait pour la vie moyenne des poteaux non imprégnés 13 années au lieu de 5,55. Ce désaccord proviendrait de ce qu'on a jusqu'ici attribué un pouvoir antiseptique trop fort au sublimé; par conséquent au lieu de prendre seulement $p = 0{,}21$; il faudrait l'augmenter de façon que $p = 0{,}38$, et alors le degré d'immunisation atteint par kyanisation tomberait de $a = \frac{0{,}8}{0{,}21} = 3{,}7$ à $a = \frac{0{,}8}{0{,}38} = 2{,}1$. Avec cette correction, la courbe passant par les points ($a = 0$, $L = 5{,}5$), ($a = 1{,}3$, $L = 14{,}1$), ($a = 2{,}1$, $L = 16$), ($a = 29$, $L = 22{,}3$), présente très sensiblement l'allure de celle dessinée par Nowotny, avec ces différences toutefois : 1° qu'elle monte plus rapidement; 2° qu'elle a un genou plus accusé; 3° qu'elle tend asymptotiquement vers une parallèle à l'axe des x. L'analyse mathématique montre que la courbe en question est une hyperbole équilatère. — L'étude de celle-ci fournit quelques indications intéressantes : a croissant de 0 à 5, L croît de 5,55 à 19; a croissant de 5 à 10, L croît de 19 à 21; ensuite a croissant de 10 à 20, le gain de L est pour ainsi dire insignifiant, car $L = 21{,}9$. En pratique, on ne devra donc jamais dépasser le degré d'aseptisation $a = 10$, car à ce nombre correspond une durée théoriquement

illimitée : en effet, il suffit d'injecter 10 p kg d'antiseptique pour remplir ces conditions. En pratique, on n'atteint jamais cette durée infinie parce que les bois se détruisent sous l'effet de l'humidité et que, de plus, l'antiseptique lui-même se perd par évaporation ou suintement. On ne pourra donc, de la courbe, déduire la conservation probable que procurera une substance antiseptique inconnue, qu'autant qu'elle présentera les mêmes pertes que le sulfate de cuivre, le sublimé et la créosote; enfin, cette courbe est en quelque sorte régionale, puisqu'elle découle d'observations recueillies en Allemagne et en Autriche. Pour d'autres pays, il faudra faire un graphique basé sur l'expérience locale. — Remarquons que le chlorure de zinc est caractérisé par une valeur de a égale à 1,4; il n'immunise que pour $L = 12,2$ années, au lieu de 14,1 pour le cuivre dont l'aseptisation est pourtant plus faible, $a = 1,35$. Cette anomalie est due sans doute aux pertes considérables de chlorure de zinc qui se décomposerait suivant le schéma

$$2\,ZnCl^2 + H^2O = \begin{matrix} Zn - Cl \\ \rangle O \\ Zn - Cl \end{matrix} + 2\,HCl.$$

Une autre interprétation consisterait à admettre que le pouvoir antiseptique du chlorure de zinc, n'est pas 1,4, mais 0,81. — Passant ensuite en revue les procédés économiques Rüping et Rutgers à la créosote, le procédé à la bellite florure double (tous décrits dans *La Revue électrique*), on arrive à une vie moyenne de 20 années absolument comme avec le créosotage à saturation qui doit être de plus en plus abandonné; en résumé la tendance actuelle est de réduire la quantité de créosote injectée, et d'augmenter au contraire celle des antiseptiques solubles dans l'eau, y compris le bichlorure de mercure lui-même.

Sur un nouveau mode de construction des lampes en quartz à vapeur de mercure; A. Tian (*C. R. Acad. Sciences*, 7 avril 1913, p. 1063-1064). — Certaines réactions chimiques produites par les rayons ultraviolets de très faible longueur d'onde (— 0, 1900 μ) sont détruites par les rayons de plus grande longueur d'onde. Il importe donc de diminuer l'intensité de ceux-ci, ce qu'on obtient en faisant fonctionner la lampe à vapeur de mercure sous bas régime électrique. Mais alors la lampe chauffe peu et l'on peut simplifier sa construction : comme on n'a plus à craindre la rupture par inégalité de dilatation, d'un raccord quartz-verre, on peut souder les arrivées de courant à une pièce de verre qu'on réunit à l'enveloppe de quartz par un rodage. — L'auteur a construit ainsi quelques lampes dont la partie en quartz transparent a la forme d'un tube à essai. Un peu de mercure placé au fond sert de cathode; le courant lui est amené par un fil de fer protégé par un petit tube de quartz opaque occupant l'axe de la lampe; l'anode est un petit cyindre de fer. Enfin le support en cuivre maintenant la lampe par le haut, avant l'emplacement du rodage, sert en même temps à la refroidir par conductibilité : la lampe ne perd ainsi rien de sa forme dégagée. — Cet arc au mercure peut être alimenté par du courant alternatif : il faut, dans ce cas, mettre deux anodes constituées par des palettes de fer séparées l'une de l'autre par une lame de mica, et souder une troisième entrée de courant au bouchon de verre.

Statistique des applications de l'électricité en Bavière en considérant plus particulièrement Munich et ses environs; Tillmetz (*E. T. Z.*, 27 mars 1913, p. 358-359). — On divise les applications de l'électricité en trois groupes : 1° applications générales, 2° applications à l'industrie; 2° applications à l'agriculture. Il y a 10459 industries qui sont électrifiées, mais ce chiffre ne correspond cependant qu'à 2,6 pour 100 des industries qui emploient la force motrice. Ce sont les imprimeries et les industries de l'alimentation qui font le plus usage de l'électricité. L'agriculture compte 7029 moteurs électriques d'une puissance totale de 14 953 kw; soit une moyenne de 1,5 pour 100 du nombre total des exploitation agricoles. Pour le royaume de Bavière entier, l'énergie électrique utilisée annuellement s'élève à 821 000 000 kilowatts-heure.

Note sur la protection des édifices contre la foudre; A.-R. Garnier (*Technique moderne*, 15 avril 1913, p. 312-313). — S'il est possible d'admettre que la fréquence de la décharge, après que celle-ci a atteint le paratonnerre, est régie par les facteurs électriques caractérisant ce dernier, la longueur d'onde des radiations sera sensiblement égale à quatre fois la hauteur du parafoudre, de sorte que, pour un édifice normal de 15 m de hauteur, la fréquence correspondante sera de 5 000 000 p : s. Si, au contraire, l'influence du paratonnerre sur les conditions de la décharge est négligeable, la fréquence reste seulement subordonnée à la distance entre nuage

et terre, de sorte que, dans l'hypothèse d'une telle distance égale à 600 m, la fréquence sera de 250 000 p : s. Le premier cas, auquel correspondrait une chute de tension de 6 000 000 volts par mètre, d'après les calculs de Steinmetz, répond sensiblement à celui d'une décharge secondaire engendrée par l'induction de décharges primaires; on conçoit que, pour une telle décharge susceptible de produire un débit voisin de 750 000 ampères, l'action du parafoudre devienne inopérante et que la décharge puisse se frayer un chemin tout à fait arbitraire dans l'air environnant. La seconde éventualité correspond sensiblement au cas envisagé par Lodge d'une décharge atténuée par la rupture diélectrique graduelle de l'air qui sépare le nuage électrisé de l'objet frappé. — Des considérations développées dans cet article l'auteur tire diverses conclusions dont en voici quelques-unes : 1° l'idée, anciennement admise du paratonnerre dérivant dans le sol la charge statique du nuage est erronée. La terre constitue l'une des deux armatures d'un condensateur, dont le nuage représente la seconde, et la totalité de l'énergie libérée par la décharge est dissipée en chaleur dans le circuit du parafoudre et en radiations dans l'air environnant. De la sorte, plus la résistance ohmique du conducteur est élevée, plus grande est la quantité d'énergie électrique convertie en chaleur et plus faible le nombre d'oscillations du courant de décharge; 2° un édifice ne peut être protégé contre la foudre de façon absolument certaine. Toutefois, la protection sera d'autant plus efficace que les dispositifs protecteurs seront plus nombreux. A titre indicatif, il y aura lieu de prévoir un parafoudre par 75 m² de surface couverte; 3° la forme du conducteur, indifférente au point de vue électrique, ne doit être déterminée que par ses conditions de résistance mécanique. Quant à la nature du métal, elle dépendra de la destination. Tant pour des raisons techniques indiquées dans l'article, que par l'économie de son prix d'achat, le fer conviendra dans la majorité des cas; 4° on évitera les courants d'air, qui peuvent être ionisés par une précédente décharge et offrir ainsi un chemin conducteur aux coups de foudre ultérieurs.

Les dangers de l'emploi des appareils électriques dans les habitations et les dispositions propres à écarter ces dangers; W. Vogel (*E. K. B.*, 14 février 1913, p. 100-104). — A l'aide de quelques exemples, tirés d'observations pratiques, l'auteur montre que certains appareils électriques, d'une construction irrationnelle, doivent être considérés comme dangereux, même lorsqu'ils ne sont utilisés que sur des circuits à basse tension. D'autre part, l'industrie électrique est, à l'heure actuelle, parfaitement en mesure de construire des appareils donnant toutes garanties. Il y aurait donc lieu d'interdire la vente des appareils d'une valeur médiocre, afin de sauvegarder à la fois la sécurité du public et les intérêts de l'industrie électrique.

Les dangers de l'électricité; S. Jellinek (*E. T. Z.*, 3 avril 1913, p. 388). — Résumé d'une conférence faite par l'auteur à la Royale Society de Londres; son but principal a été de montrer la nécessité d'instituer des cours pour initier le public aux dangers qu'il peut courir en touchant les conducteurs électriques et lui rappeler, en cas d'accident, les secours qui conviennent aux personnes foudroyées.

Statistique des accidents dus au pétrole, au gaz d'éclairage et à l'électricité, du 1er janvier au 31 décembre 1912 (*E. T. Z.*, 10 avril 1913, p. 321-322). — De cette statistique établie par la Société des Applications de l'électricité de Berlin, nous extrayons les quelques renseignements qui suivent; le pétrole a causé 224 accidents, dont 13 suicides, ou tentatives de suicide; le gaz d'éclairage, 674 accidents, y compris 308 suicides; l'électricité, 184 accidents, y compris 4 suicides. La statistique donne des détails très précis sur les causes des accidents, sur les lieux où ils se sont produits et les conséquences qu'ils ont eues. Il y a eu 64 cas suivis de mort pour le pétrole; 95, pour le gaz; 109, pour l'électricité. Nous ne parlons ici que des accidents involontaires. Les ingénieurs et ouvriers électriciens ont eu à enregistrer 50 cas mortels sur les 109 constatés. Pour le suicide, c'est le gaz qui détient le record : 181 morts pour 308 tentatives. Les ravages du pétrole et du gaz se font surtout sentir dans les habitations privées : 161 accidents pour le premier et 256 accidents pour le second, alors que l'électricité n'a eu que 2 accidents à enregistrer chez ses abonnés. La fréquence des accidents électriques est la plus grande dans les usines génératrices elles-mêmes et sur les voies publiques, soit 46 et 71 cas; puis viennent les ateliers avec 37 cas.

BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin
(H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.). 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

451376. Latour. — Perfectionnements dans la protection des lignes à courants faibles contre les courants alternatifs parasites, 5 novembre 1912.

451466. Soulier. — Perfectionnement aux commutateurs redresseurs rotatifs de courants alternatifs, 5 décembre 1912.

451516. Societa Ceramica Richard Ginori. — Dispositif de connexion pour isolateurs électriques, 6 décembre 1912.

451536. Société dite W.-C. Heraeus G. m. b. H. — Dispositif de mise en marche applicable en particulier aux lampes à vapeur de mercure et aux moteurs électriques, 6 décembre 1912.

451542. Druseidt. — Interrupteur électrique actionné par vis à pas fortement incliné, 6 décembre 1912.

451580. Mac Loughlin et Société Metamica Syndicate Ltd. — Perfectionnements aux isolateurs électriques.

451614. Blondel. — Perfectionnements aux oscillographes et aux galvanomètres à fréquence élevée ou à grande sensibilité et leur application à la télégraphie sans fil multiple et sous-marine, 9 décembre 1912.

451663. Société Dimming Switches Ltd et Barber. — Interrupteur électrique à résistance réglable, 10 décembre 1912.

16811/441803. Pucel. — Nouveau système électrique de défense contre la destruction des conduites de tous genres et surtout des canalisations électriques, 25 novembre 1912.

451460. Boas. — Éclateur à extinction pour la production d'oscillations électriques, 4 décembre 1912.

451515. Scheftlein. — Dispositif pour l'utilisation rationnelle de la chaleur produite dans les fours à réverbère électriques servant à la préparation des composés oxygénés de l'azote.

451425. Tanazacq. — Supports de filaments pour lampes électriques, 21 novembre 1912.

451456. Société N. V. Philip's Metaal Gloeilampenfabrick. — Lampe électrique à incandescence à filament métallique, 4 décembre 1912.

451504. Sidon. — Lampe à incandescence, 5 décembre 1912.

451587. Société Hoock fils et Cie. — Cache-lumière amovible pour ampoule électrique, 7 décembre 1912.

451688. Société automatic electric Co. — Système téléphonique automatique, 7 septembre 1912.

451691. Société automatic électric Co. — Système téléphonique, 4 octobre 1912.

451724. Gottschalk. — Transmetteur téléphonique, 28 novembre 1912.

451763. Steljes et Société Reid Brothers Engineers Ltd. — Récepteur télégraphique imprimeur, 10 décembre 1912.

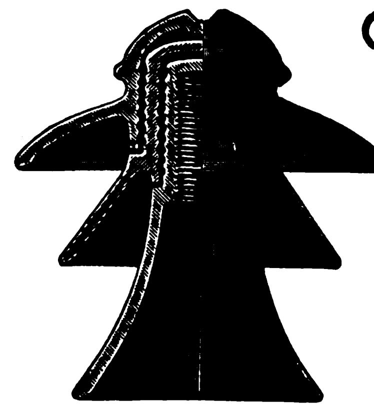
451829. Lenczycki. — Dispositif pour l'enregistrement photographique des vibrations lumineuses d'une source de lumière influencée par des vibrations sonores et pour la reproduction de l'enregistrement au moyen d'une pile de sélénium, 12 décembre 1912.

451850. Siemens et Halske A. G. — Appareil à perforer électromagnétiquement, actionné avec clavier de machine à écrire, pour la confection de bandes perforées à signes pour la télégraphie et autres applications analogues, 13 décembre 1912.

451880. Société Le Matériel téléphonique. — Perfectionnements dans les récepteurs téléphoniques, 17 décembre 1912.

16867+437500. Société des télégraphes Kotyra. — Dispositif perforateur à commande électromagnétique pour bandes utilisées par exemple en télégraphie.

451683. Société alsacienne de constructions mécaniques. — Perfectionnement aux dispositions de refroidissement des machines dynamo-électriques, 17 février 1912



CHARBONNEAUX & C[IE]

Verreries de Reims

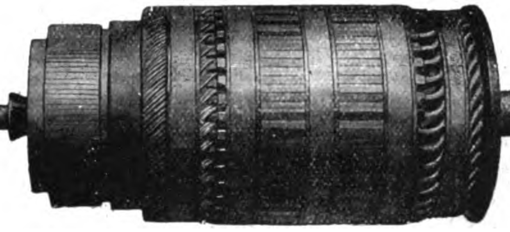
FOURNISSEURS des POSTES et TÉLÉGRAPHES
et des Grandes Sociétés d'Électricité

Telephone 198

ISOLATEURS EN VERRE " SPÉCIAL "
DES VERRERIES DE REIMS
Pour Basses et Hautes Tensions

AGENT A PARIS :
H. PARADIS.
26, rue du Rocher.
Téléph. 593-59

LABORATOIRE D'ESSAIS ÉLECTRIQUES A L'USINE
Transformateur à 200.000 volts



RÉPARATIONS
TRANSFORMATIONS

LOCATION
ACHAT - ÉCHANGE

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE NEUF et D'OCCASION

C[ie] UNIVERSEL ÉLECTRIC. — Etablissements ROULLAND Frères (A. et M.) (ESEP)

35, Rue de Bagnolet - PARIS — *Télégr. :* Unilectric - *Téléph. :* 929-19

DEMANDER NOTRE CATALOGUE CONTINU ET ALTERNATIF

C[IE] G[LE] D'ÉLECTRICITÉ DE CREIL

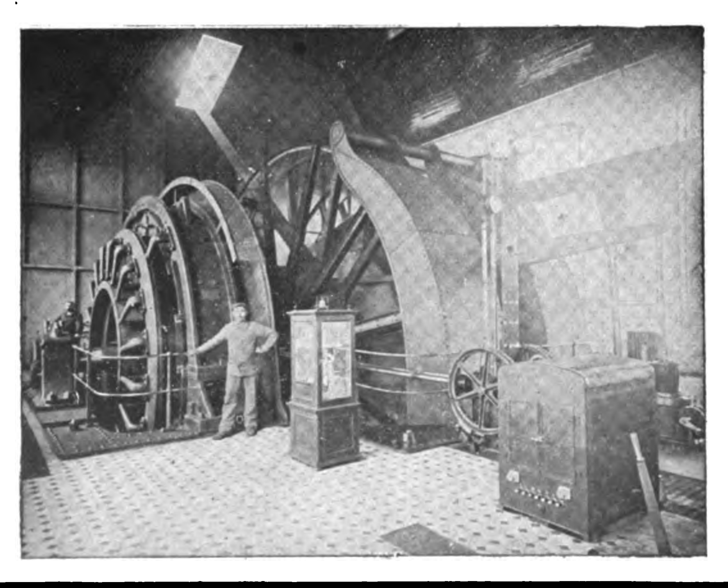
Société Anonyme. Capital 3.800.000 frs.

Siège Social : PARIS 19, rue Louis-le-Grand

Seule Concessionnaire pour la France et les Colonies des BREVETS et PROCÉDÉS *SIEMENS-SCHUCKERT*

Usines : A CREIL (Oise)

MATÉRIEL
A COURANT CONTINU ET ALTERNATIF
MONO- ET POLYPHASE
DE TOUTES PUISSANCES
MATÉRIEL POUR MINES



TRANSPORT D'ÉNERGIE — TRACTION
STATIONS CENTRALES
APPAREILS DE LEVAGE
MACHINES D'EXTRACTION — LAMINOIRS
COMPTEURS — LAMPES A ARC, ETC.

451677. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Appareil automatique de contrôle des moteurs électriques dans la commande des métiers à filer à anneaux, 17 février 1912.

451776. Société de l'accumulateur Tudor. — Procédé et dispositif pour la protection des accumulateurs électriques inondés par l'eau de mer, 11 décembre 1912.

451777. Société de l'accumulateur Tudor. — Dispositif de fermeture isolante et formant joint étanche pour les gaz et les liquides destinés aux pôles des accumulateurs électriques, 11 décembre 1912.

451780. Compagnie internationale des accumulateurs Vedeka. — Perfectionnements aux accumulateurs, 11 décembre 1912.

451811. Umbehr. — Dispositif pour la réduction de la durée des étincelles dans les appareils magnéto-électriques producteurs d'étincelles, 12 décembre 1912.

451891. Société dite The Float Electric C°. — Perfectionnements aux électrolytes.

451892. Société the Float Electric C°. — Perfectionnements aux batteries électriques.

451894. Siemens Schuckert Werke. — Dispositif pour la régulation des moteurs à collecteurs, etc., 14 décembre 1912.

451940. Adhumeau. — Moteur magnétique, 16 décembre 1912.

451948. Société dite S. T. A. R. — Système d'excitation des groupes générateurs moteurs à courant continu actionnant des machines d'extraction ou appareils analogues, 24 février 1912.

16835/450370. Société alsacienne de constructions mécaniques. — Perfectionnement aux moteurs électriques, 15 février 1912.

451837. Ateliers de construction Oerlikon. — Dispositif protecteur contre le courant inverse dans les installations à courant alternatif, 12 décembre 1912.

451898. Meunier. — Conducteur souple pour appareils téléphoniques et autres applications, 22 février 1912.

16859/437437. Iliovici. — Redresseur de courant ou soupape électromécanique à interrupteur tournant avec balais réglables, 27 novembre 1912.

16861/450280. Féry. — Galvanomètre amorti à aimants mobiles, 2 décembre 1912.

16864/420629. Carpentier. — Wattmètre et électrodynamomètre de contrôle à lecture directe, 4 décembre 1912.

451983. Krasnikoff et Meissner. — Appareil électrique pour transmettre l'écriture, pour commander des signaux, pour diriger des torpilles et d'autres fonctions similaires, 17 décembre 1912.

451686. Mahistre. — Mode de construction du bloc porte-filaments dans les lampes électriques de tous genres, 23 juillet 1912.

451756. Société General Composing G. m. b. H. — Bougies électriques auto-allumeuses, 10 décembre 1912.

451846. Société la lampe Osram. — Lampe électrique à gaz et procédé pour la production de lumière au moyen de cette lampe, 13 décembre 1912.



Nouvelles Sociétés. — *Société en nom collectif Mertens et Cordier*, entreprise d'électricité. — Siège social : 10, rue Notre-Dame-de-Lorette, Paris. Durée : 10 ans. Capital : 22 000fr.

Société en Commandite O. Perrin et Cie, entreprise d'installations électriques. — Siège social : 17, rue de Choiseul, Paris. Durée : 4 ans et 11 mois. Capital : 8500fr par la Commandite.

Erratum.

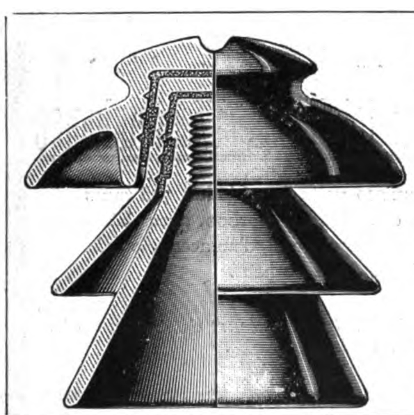
Il y a lieu de rectifier comme suit l'annonce parue dans le numéro du 4 avril 1913, p. XLIII :

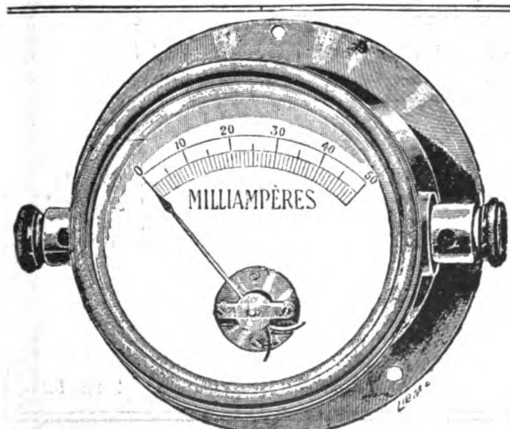
Société anonyme dite Société des moteurs Baie-Gaillet, 89, rue Saint-Jacques, Marseille.

Résultats d'exploitation. — Nous donnons ci-dessous le tableau des recettes d'exploitation de quelques sociétés d'électricité pour le mois de décembre 1912 et l'année entière.

DÉSIGNATION.	RECETTES du mois de décembre 1912 fr.	RECETTES depuis le début de l'année fr	DIFFÉRENCE Augment. en faveur de 1912
Énergie électrique du Nord de la France	287 297	2 841 741	556 486
Société roubaisienne d'Éclairage	350 234	2 932 836	136 890
Électrique Lille, Roubaix, Tourcoing	167 239	1 981 874	133 927
Compagnie électrique de la Loire et du Centre	544 216	5 411 433	
Société générale de Forces motrices et d'Éclairage de la Ville de Grenoble	66 026	474 034	24 258
Société des Forces motrices du Haut-Grésivaudan	67 375	682 740	94 010
Union électrique	105 104	1 039 978	291 504
Est-Lumière	553 000	4 662 171	683 126
Société d'Électricité de Caen	87 871	682 932	135 048
Société méridionale de Transport de Force	169 211	1 768 677	191 493
Sud-Électrique	236 704	2 083 856	474 656
Est-Électrique	81 496	660 403	318 036
Électricité de Bordeaux et du Midi	195 110	1 362 388	150 598
Énergie électrique du Sud-Ouest	220 738	1 912 942	478 879
Énergie électrique du Littoral méditerranéen	606 000	6 742 849	751 677
Chemins de fer électriques départementaux de la Haute-Vienne	54 168	485 741	327 138
Tramways de Roubaix-Tourcoing	168 120	2 039 149	—105 903 (1)

(1) La différence négative s'explique par le fait qu'en 1911 se tenait l'Exposition de Roubaix.





UN EXCELLENT DESSINATEUR

Très au courant des installations à

HAUTE TENSION

et ayant accompli son service militaire
est recherché par les Etablissements

MALJOURNAL & BOURRON — LYON

Ingénieur civil et électricien

très actif, 11 ans de pratique (exploitation électrique, projets, bureau commercial, directeur d'agence de grande maison de constructions électriques) connaissant 3 langues étrangères, références de 1er ordre, cherche situation tion d'Ingénieur représentant ou chef d'agence commerciale

S'adresser au SYNDICAT DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES

MAISON IMPORTANTE
de **Constructions électriques**

: : : demande : : :

DESSINATEUR

ayant quelques années d'expérience dans
: la construction des transformateurs :

Adresser les demandes sous la référence :
900. R. E. — Librairie Gauthier-Villars

Maison d'Électricité

demande

CHEF DE BUREAU DES ETUDES

bien au courant de

l'Appareillage haute tension.

Doit avoir la pratique de l'atelier.

Inutile de se présenter sans sérieuses références.

Écrire : Librairie GAUTHIER-VILLARS, R. E. 885

UNE GRANDE MAISON
de Constructions électromécaniques
demande, pour son service
de publicité

UN JEUNE INGÉNIEUR

ayant des aptitudes à la
littérature technique

Écrire : R. E. 901. — Librairie Gauthier-Villars

A vendre

2 Moteurs triphasés Westinghouse

60 chevaux 200 volts 50 périodes, 725 tours à bagues et balais en charbon, avec rhéostat de démarrage, muni d'un accouplement complet Zodel, état de neuf.

S'adresser à M. le Directeur du Secteur électrique à Hirson (Aisne).

MÉCANICIEN capable

muni des meilleurs certificats, cherche de suite place comme contremaître dans établissement ou place indépendante dans laboratoire. Le postulant est Suisse, âgé de 32 ans et bien au courant du tournage et rabotage des fins travaux aux instruments de précision et de l'électrotechnique.

Offres sous chiffre

B 312 à Haasenstein et Vogler, A. G. Mannheim (Allemagne)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS,
QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55, A PARIS (6e).

LA

CONTRIBUTION DES PATENTES
DES USINES D'ÉLECTRICITÉ

PAR

Henri VIALLEFOND,
Avocat.

Volume (23-14) de VII-70 pages; 1911...... **2 fr. 50**

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Pouilly-le-Monial (Rhône). — On annonce que le cahier des charges pour la concession d'une distribution d'énergie électrique présenté par la Compagnie d'énergie électrique du Rhône vient d'être approuvé par le Conseil municipal.

Rocamadour (Lot). — La concession de l'éclairage électrique aurait été accordée à M. Cazelle.

Thiézac (Cantal). — La demande de concession présentée par M. Theson aurait été approuvée par la municipalité et mise à l'enquête.

Ay (Marne). — La municipalité serait, paraît-il, décidée à étudier la constitution d'une société coopérative pour l'installation d'une distribution d'énergie électrique dans le cas où une entente n'interviendrait pas avec une société d'entreprises électriques.

Brenod (Ain). — On annonce que l'Union électrique va avoir terminé les travaux d'installation d'une distribution d'énergie électrique.

Cancon (Lot-et-Garonne). — Un projet d'une distribution d'énergie électrique aurait été mis à l'étude par la municipalité.

Chamberet (Corrèze). — La concession d'une distribution d'énergie électrique vient, paraît-il, d'être accordée à M. Bret.

Izernore (Ain). — Les travaux d'installation d'une distribution d'énergie électrique seraient en cours d'exécution.

Loudun (Vienne). — Un projet d'installation d'éclairage électrique serait actuellement soumis à l'étude du Conseil municipal.

Tours (Indre-et-Loire). — La municipalité aurait approuvé les conditions proposées par la Compagnie du Gaz pour la distribution de l'énergie électrique.

Osnes (Ardennes). — La concession de la distribution de l'énergie électrique dans cette commune aurait été accordée à l'Est électrique.

Aincourt (Seine-et-Oise). — Il serait question de créer une usine électrique coopérative à Aincourt.

Langogne (Lozère). — L'adjudication de la concession de l'éclairage électrique n'ayant pas été faite légalement, une nouvelle adjudication aura lieu sous peu.

Montargis (Loiret). — Le Conseil municipal aurait émis un avis favorable à la demande de concession de l'Énergie industrielle.

Pichanges (Côte-d'Or). — La Compagnie électrique de Bourgogne aurait présenté une demande de concession relative à l'éclairage électrique.

Merville (Haute-Garonne). — Le maire serait autorisé à entrer en pourparlers avec la Société pyrénéenne d'énergie électrique en vue de l'installation de l'éclairage électrique.

Saint-Sorlin (Ain). — Il serait question de donner la concession de l'éclairage électrique à l'Énergie électrique.

Divers.

Académie des Sciences. — Dans sa séance du 14 avril l'Académie a procédé à l'élection d'un académicien libre en remplacement de M. Teisserenc de Bort, décédé. Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 55, M. Landouzy a obtenu 42 suffrages; M. A. Blondel, 9; MM. D. André, A. de Gramont, P. Janet, Maurice d'Ocagne, chacun 1 suffrage. M. Landouzy ayant réuni la majorité des suffrages a été proclamé élu.

Congrès des Ingénieurs électriciens d'Angleterre et de France 21-24 mai 1913. — Le Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens ayant invité les ingénieurs électriciens anglais à venir se joindre à leurs collègues français pour la discussion de certaines questions, une réunion extraordinaire a été organisée pour les 21, 22, 23 et 24 mai. Déjà la présence de plus de 250 visiteurs d'outre-Manche est assurée. Voici le programme de cette réunion :

Mercredi 21 mai. — *Matinée*, 9 h : séance d'ouverture au Conservatoire des Arts et Métiers; groupe A-1 : discussion sur la traction électrique; groupe A-2 : visite des collections du Conservatoire. — *Après-midi*, 14 h : groupe A-3 : départ de l'Hôtel Continental en autobus de la Compagnie générale des Omnibus; visite des Usines électriques de l'Électricité de Saint-Denis et du Triphasé, à Asnières; groupe A-4 : départ du pont Sully en bateau pour Saint-Cloud; visite de la Manufacture de porcelaines de Sèvres; thé; 19 h 30 :

banquet au Palais d'Orsay, offert à l'Institution of Electrical Engineers; réception; séance de projections par M. Gaumont (tenue de soirée).

JEUDI 22 MAI. — *Matinée*, 9 h : groupe B-1 : séance au Conservatoire des Arts et Métiers; conférence de M. Highfield sur les longs transports à courant continu haute tension; conférence de M. Maurice Leblanc sur les longs transports en courant triphasé haute tension; discussion; 9 h 30 m : groupe libre : visite du Louvre (réunion à l'hôtel Continental); visite de la Conciergerie, de Notre-Dame et de la Sainte-Chapelle (réunion à la Conciergerie); divers, magasins, etc. (réunion à l'hôtel Continental); 10 h : groupe B-2 : visite du Laboratoire aérodynamique de M. Eiffel, à Auteuil, sous la direction de M. Eiffel (réunion au Laboratoire de M. Eiffel, 67, rue Boileau). — *Après-midi*, 14 h 30 m : groupe B-3 : réception par M. Eiffel au dernier étage de sa Tour (réunion au bas de la Tour); visite des Invalides; groupe B-4 : visite des installations électriques du Métropolitain, du Nord-Sud et de la Compagnie des Omnibus (le lieu de réunion sera indiqué ultérieurement).

VENDREDI 23 MAI. — *Matinée*, 9 h : groupe C-1 : séance au Conservatoire des Arts et Métiers; suite de la discussion sur la traction électrique; 9 h 30 m : groupe libre : visite du Louvre (réunion à l'hôtel Continental; visite du Panthéon, du Luxembourg et du Musée de Cluny (réunion au Panthéon); visite de la Conciergerie, de Notre-Dame et de la Sainte-Chapelle (réunion à la Conciergerie); divers, magasins, etc. (réunion à l'hôtel Continental). — *Après-midi*, 13 h 30 : groupe C-2 : excursion à Chantilly par train spécial (réunion à la gare du Nord); visite du château et du musée Condé; thé servi par l'hôtel du grand Condé.

SAMEDI 24 MAI. — *Matinée*, 9 h : Groupe D-1 : Séance au Conservatoire des Arts et Métiers; conférence de M. Claude sur les tubes luminescents; conférence de M. le commandant Ferrié sur la télégraphie sans fil; communication sur les installations téléphoniques de Londres; 9 h 30 : groupe libre : visite du Louvre (réunion à l'hôtel Continental); visite du Panthéon, du Luxembourg et du musée de Cluny (réunion au Panthéon); divers, magasins, etc. (réunion à l'hôtel Continental. — *Après-midi*, 13 h 30 : groupe D-2 : départ de l'hôtel Continental; excursion à Versailles en autobus par Châtillon et Villacoublay, visite des palais et du parc; thé à Trianon-palace; 17 h : visite de l'aérodrome de Buc; vols d'aéroplanes; 18 h 30 : réunion à la gare de Versailles (rive gauche); visite des nouvelles voitures électriques de l'Ouest-État, sous la direction de M. Mazen, ingénieur en chef des services électriques et de M. Foucault, chef du service de l'exploitation électrique; retour à Paris-Invalides par train électrique spécial.

N.B. — Les 21, 22, 23 et 24 mai, une permanence sera ouverte à l'hôtel Continental, de 8 h du matin à 6 h du soir, où les congressistes trouveront tous les renseignements dont ils auront besoin.

Installations téléphoniques. — Notions spéciales d'Électricité, description et fonctionnement des appareils, montage des postes d'abonnés et des postes centraux. Guide pratique à l'usage du Personnel des Postes, Télégraphes, Téléphones et des monteurs électriciens, par J. SCHILS, inspecteur des Postes et Télégraphes. 3e édition. Un vol. format 21 cm × 13 cm, VIII-326 pages, 205 fig. H. DUNOD et E. PINAT, Éditeurs. Prix, cartonné 4,50 fr.

Ce livre est destiné à rappeler aux agents chargés du montage, de l'entretien et de la surveillance des installations téléphoniques, les notions élémentaires d'électricité et de magnétisme, la description et l'installation des appareils qui leur ont été enseignées.

La première partie comprend des notions sur l'énergie, en général, et sur l'énergie électrique et magnétique en particulier.

La deuxième partie est consacrée à l'étude du téléphone, du microphone, des appareils accessoires nécessaires à l'installation pratique de ces instruments, enfin au montage des postes d'abonnés.

La troisième partie comprend l'étude des tableaux-commutateurs pour postes principaux d'abonnés et bureaux centraux de l'État desservant, en principe, moins de cinq cents lignes.

La quatrième partie est réservée à des indications générales sur les moyens employés pour rechercher les dérangements.

Enfin une cinquième partie est consacrée à l'étude sommaire des grands bureaux desservis par des commutateurs multiples ordinaires et à batterie centrale.

Les appareils et dispositifs nouveaux qui ont été adoptés depuis l'apparition de la seconde édition ont été ajoutés à l'édition actuelle.

Les phénomènes de l'induction, sur lesquels sont basées, pour ainsi dire, toutes les applications industrielles de l'électricité, ont une telle importance que M. Schils a cru devoir ajouter aussi à cette édition une nouvelle théorie de l'induction.

Traité de Chimie minérale, t. I, par H. ERDMANN, directeur de l'Institut de Chimie minérale de la Technische Hochschule de Berlin, traduit sur la 5e édition allemande par CORVISY. Hermann, éditeur; prix : 12 fr.

L'auteur de ce Traité s'est proposé de montrer la corrélation de la science chimique et des phénomènes de la nature et de la vie. Aussi, à propos de chaque substance, en même temps que l'étude de ses préparations et de ses propriétés physiques et chimiques, il a donné des notions exactes sur ses propriétés thérapeutiques et toxiques, sur ses applications diverses, et des renseignements statistiques sur sa production et sa valeur commerciale. Il a ainsi développé des points de vue sur lesquels on a le plus souvent l'habitude de passer rapidement.

Le Tome I de ce Traité comprend une introduction à la Chimie et l'étude des métalloïdes. Il contient d'abord des notions préliminaires de physique sur les mesures en général, le système métrique, les déterminations des poids spécifiques, les températures. Il développe ensuite les hypothèses moléculaires, la pression osmotique, la théorie des ions. Enfin il comprend les lois des combinaisons.

L'étude des métalloïdes est faite avec le plus grand soin. Pour chaque corps est fait d'abord, comme d'ordinaire, l'énumération des préparations et des propriétés. Mais la partie vraiment originale est un paragraphe, intitulé technique chimique, dans lequel sont décrites avec beaucoup de détails et à l'aide de figures nombreuses et très instructives, les principales expériences qu'on peut réaliser sur ce corps dans un laboratoire : beaucoup de ces expériences sont nouvelles ou peu connues, L'étude des spectres de divers gaz est très détaillée. Enfin on peut citer comme particulièrement complet le Chapitre sur les nombreux gaz de l'atmosphère.

Les considérations qui précèdent suffisent à montrer le grand intérêt de l'Ouvrage de M. Erdmann. Tout au plus peut-on lui faire une légère critique. Les préparations industrielles sont quelquefois trop écourtées, par exemple celles du chlore et du phosphore. La fixation de l'azote de l'air n'est pas traitée avec l'ampleur qu'elle a prise aujourd'hui : la fixation sous forme d'acide azotique au moyen de l'arc électrique est bien décrite; mais la nitrification dans le sol et les tourbières n'est pas traitée. Quant à la fixation de l'azote ammonical par l'intermédiaire de la cyanamide calcique, l'auteur a cru devoir la rejeter au calcium, qui sera traité dans le Tome II de l'Ouvrage.

LITTERATURE DES PÉRIODIQUES (1)

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Usines d'électricité. — *Usine hydroélectrique de Keokuk de 300 000 chevaux* (*Journ. du Four élect. et de l'Electrolyse*, 1er mai 1913, p. 199). — Cette usine, actuellement en construction, est établie au bas des rapides des Moines du fleuve Mississipi. Le débit est de 566 m^3 : sec en basses eaux, et atteint 10 500 m^3 : sec en temps de crue. Le barrage, qui permettra la formation d'une chute d'environ 11 m, donnera naissance à un lac de près de 260 km^2 et d'une longueur de 96 km. Avec un rayon de transmission de 350 km, le réseau alimenté par cette usine desservira une population de 4 650 000 habitants. Un contrat a déjà été passé pour la transmission à Saint-Louis de 50 000 chevaux par une ligne de 220 km fonctionnant sous 110 000 volts.

Transformateurs, convertisseurs. — *Le rapport de transformation du transformateur en général avec enroulement réparti d'une manière quelconque*; F. Niethammer et E. Siegel (*E. u. M.*, 30 mars 1913, p. 265-273). — Une théorie confirmée par les résultats d'essais réalisés sur une machine de construction spéciale a montré aux auteurs que, dans les transformateurs où les enroulements primaires et secondaires sont disposés et couplés magnétiquement d'une manière quelconque, les courants et les tensions ne sont pas dans un rapport simple avec les nombres de spires, mais que ces rapports dépendent essentiellement de la répartition des enroulements. Des formules simples permettent cependant de calculer ce rapport en tenant compte de la disposition des enroulements; pour le cas particulier du moteur d'induction, la solution est encore plus facile, et les résultats donnés par les formules sont pleinement d'accord avec les mesures effectuées sur un moteur triphasé.

Les convertisseurs; H.-S. Hallo (*Helios Zeits.*, 6, 13 et 20 avril 1913, p. 173-177, 190-194, 197-201). — Après quelques considérations théoriques, l'auteur décrit un certain nombre de convertisseurs parmi lesquels nous citerons : le moteur-générateur, le convertisseur à un induit, le convertisseur en cascade, le convertisseur à champ tournant, les redresseurs mécaniques, les redresseurs électrolytiques et enfin le redresseur à vapeur de mercure.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Sur l'emploi de volants en conjugaison avec les moteurs à champ tournant dans la commande des laminoirs; A.-R. Garnier (*Technique moderne*, 15 avril 1913, p. 303-305). — L'auteur fait le calcul du moment d'inertie que doit avoir un volant pour certaines conditions de fonctionnement. Des formules qu'il obtient il déduit quelques conséquences et arrive aux conclusions qui suivent. — « Bien que l'adjonction du volant donne lieu à des pertes mécaniques supplémentaires, le bénéfice de la disposition n'en reste pas moins effectif dans le cas de charges très irrégulières, par suite de la réduction des pertes par effet Joule consécutives aux fortes pointes. C'est d'ailleurs cette considération qui doit présider au choix d'un volant suffisamment lourd pour réduire simultanément les pertes électriques, la capacité du moteur et solidairement le courant déwatté absorbé pendant les fréquentes périodes de marche à vide. En ce qui concerne l'influence du volant amortisseur sur la capacité du réseau ou de la station génératrice, celle-ci sera très différente suivant le rapport de cette capacité à celle des moteurs considérés, et l'on devra, dans chaque cas, superposer les diagrammes de charge des unités motrices combinées aux régulateurs d'inertie projetés. On retiendra, quant à la détermination de ces derniers, que trois facteurs affectent le réseau de distribution : la pointe de charge, la soudaineté et la fréquence des fluctuations, le facteur de puissance. Le premier de ces facteurs se répercute immédiatement sur les frais d'établissement de la station

(1) Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.

centrale, principalement dans le cas où celle-ci, actionnée par un moteur à gaz, n'est passible que d'une surcharge petite. La soudaineté des fluctuations altère la tension, la fréquence et affecte la marche en parallèle des unités génératrices. Enfin la possibilité d'adopter un moteur de puissance réduite assure une amélioration du facteur de puissance particulièrement avantageuse à faible charge, la composante déwattée du courant absorbé à vide étant sensiblement proportionnelle à la capacité de ce moteur. »

Sur la prévention des accidents dus à l'électricité dans les mines; H.-H. Clark (*P. A. I. E. E.*, avril 1913, p. 847-857). — L'auteur discute les conditions que doivent remplir les installations de mines pour éviter les dangers de chocs, d'incendies et d'explosions.

L'achat de l'énergie électrique par les mines de charbon; H.-C. Eddy (*P. A. I. E. E.*, avril 1913, p. 857-865). — L'auteur établit qu'il est plus avantageux pour les exploitants de mines d'acheter l'énergie à un réseau de distribution que de la produire eux-mêmes.

Charges caractéristiques des sous-stations alimentant les mines d'anthracite de la Lackawanna R. R. C°; H.-M. Warren et A.-S. Biesecker (*P. A. I. E. E.*, avril 1913, p. 865-874). — Les auteurs relatent une série d'essais faits dans les sous-stations qui fournissent l'énergie motrice aux mines d'anthracite de la Lackawanna R. R. C°; ils donnent ensuite une description de ces sous-stations et des installations de moteurs existant dans ces mines; ils discutent l'influence des divers types d'appareils utilisés sur le facteur de charge des sous-stations et en tirent quelques conséquences concernant l'installation des sous-stations du même genre.

L'électricité dans l'industrie céramique; K. Porsch (*E. K. B.*, 4 mars 1913, p. 139-146). — L'industrie céramique comprend en dehors des industries qui travaillent exclusivement l'argile, les fabriques de poterie, de porcelaine, de conduites en terre réfractaire, d'objets en terre cuite, de ciment, etc. La statistique a montré qu'en Allemagne l'ensemble de ces établissements s'élevait en 1912 à plus de 46 000. Ce chiffre montre que l'industrie céramique offre un vaste domaine à l'emploi de l'énergie électrique, laquelle se prête parfaitement à la commande des diverses machines utilisées dans cette industrie. Entre autres exemples de cet emploi de l'électricité, l'auteur cite :

1° Une installation d'extraction de l'argile dans une tuilerie avec excavateur d'argile (moteur électrique de 50 chevaux), excavateur de sable (moteur de 26 chevaux) et transbordeur de sable (moteur de 17 chevaux); 2° Un élévateur d'argile avec moteur de 32 chevaux, installé dans une tuilerie; 3° Une laverie avec moteur de 2 chevaux, installée dans une manufacture de porcelaine; 4° Deux presses à tuiles, l'une avec moteur de 15 chevaux, l'autre avec moteur de 60 chevaux; 5° Une installation comportant un moteur triphasé de 50 chevaux sous 2000 volts, lequel commande une machine à fabriquer les tuiles, une pompe à eau et un élévateur. On peut également employer de petits chemins de fer à wagonnets remorqués par une locomotive électrique pour le transport des matériaux. De petits moteurs de $\frac{3}{4}$ de cheval à 2 chevaux peuvent aussi assurer la ventilation des fours et celle des ateliers, ainsi que la commande de monte-charges, etc. Enfin, l'emploi de l'énergie électrique est tout indiqué pour l'éclairage des ateliers, surtout depuis que les lampes à filament métallique ont permis, d'une part, de rendre cet éclairage particulièrement économique, d'autre part, de réaliser des foyers lumineux dont l'intensité atteint 1000 bougies.

L'extraction de l'or au moyen de dragues flottantes à godets à commande électrique; P. Sanio (*E. K. B.*, 4 avril 1913, p. 190-194). — Description de quelques dragues d'or électriques employées en Californie. Résultats obtenus avec ces dragues : frais d'exploitation, quantités de sables aurifères extraites, etc.

TRACTION ET LOCOMOTION.

Locomotive électrique, système Thomson-Houston de la Compagnie des chemins de fer du Midi; J.-A. Montpellier (*Technique moderne*, 15 avril 1913, p. 295-303). — Description détaillée de cette locomotive, déjà décrite dans ces colonnes.

Locomotive benzo-électrique (*E. K. B.*, 24 mars 1913, p. 175). — La G. E. C° a récemment construit, pour un réseau américain, une locomotive benzo-électrique, comportant deux groupes élec-

trogènes, constitués chacun par un moteur à huit cylindres et une génératrice. La puissance de chaque groupe est de 250 chevaux normalement, de 320 au maximum. La locomotive peut remorquer jusqu'à 10 wagons; quand elle en remorque moins de 5, un seul groupe suffit. Le poids total de la locomotive est de 49 tonnes.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

Théorie électronique de la gravitation; L. DÉCOMBE (*C. R. Acad. Sciences*, 25 mars 1913, p. 940-943). — L'auteur considère, sous le nom *de spectron*, un système de *n* électrons gravitant sur une même orbite à l'intérieur d'une distribution cubique d'électricité positive. Il calcule l'action électrique de deux spectrons quelconques, action qui se compose de trois parties : actions électrostatiques, actions galvanostatiques entre les charges positives fixes de l'un des systèmes et les éléments de courant auxquels sont assimilables les électrons en mouvement de l'autre. L'auteur arrive ainsi à une expression de la forme $\varphi \frac{mm'}{d^2}$ où m et m' désignent les masses totales de chaque électron; elle est donc identifiable avec l'expression de la gravitation universelle.

Sur les orbites d'un électron; G. DARWIN (*Phil. Mag.*, février 1913, p. 201-210). — Pour étudier complètement l'absorption par la matière des rayons β ou des rayons cathodiques, il est nécessaire de connaître les orbites que suivront les électrons lorsqu'ils passeront au voisinage des corps chargés contenus dans la matière. Suivant les conceptions de Rutherford, un atome est formé d'électrons et d'un noyau positif qui constitue presque toute la masse et a sa charge concentrée dans une petite région. L'auteur cherche dans le présent Mémoire à déterminer l'orbite d'un rayon β quand il rencontre le noyau d'un atome.

Sur la théorie de la diminution de vitesse des particules électriques traversant la matière; N. BOHR (*Phil. Mag.*, janvier 1913, p. 10-31, et *Journ. de Physique*, février 1913, p. 158). — Quand des rayons cathodiques ou des rayons α ou β pénètrent dans une substance matérielle, leur vitesse diminue. J.-J. Thomson proposa le premier une théorie de ce phénomène, dans laquelle il admet que la diminution de vitesse est due au choc des rayons contre les électrons contenus dans l'atome matériel.

G. Darwin a élaboré récemment une théorie de l'absorption et de la diffusion des rayons α par la matière basée sur les conceptions de la constitution de l'atome de Rutherford. Il suppose que l'atome est formé d'un groupe d'électrons réunis ensemble par la force attractive d'un noyau possédant une charge positive égale à la somme des charges négatives des électrons. D'après cette conception, une particule α est simplement le noyau d'un atome d'hélium.

L'auteur établit une théorie de la diminution de vitesse des particules électrisées traversant la matière telle que le taux de variation dépend de la fréquence des vibrations des électrons dans l'atome absorbant. Il montre que l'absorption des rayons α par les éléments les plus légers peut être calculée si l'on connaît le nombre des électrons dans l'atome et leurs fréquences et que les résultats obtenus concordent avec l'expérience. Il rend compte aussi de la relation entre la vitesse des rayons et l'épaisseur de matière traversée. Enfin, adoptant la théorie de Rutherford, il conclut de l'absorption des rayons α que l'atome d'hydrogène contient seulement un électron en dehors du noyau positif, et que l'atome d'hélium en contient deux.

La correction de la longueur due à l'action des extrémités des conducteurs dans les problèmes électriques; LORD RAYLEIGH (*Phil. Mag.*, janvier 1913, p. 1-10). — Dans un Mémoire de 1904, lord Rayleigh avait montré que la différence entre la demi-longueur d'onde de la vibration fondamentale et la longueur l du conducteur de section uniforme disparaissait quand la section est de plus en plus faible, contrairement à la théorie de Macdonald qui arrive à la conclusion $\lambda = 2,53\, l$. Ne considérant pas les raisons qu'il avait données comme suffisamment concluantes, lord Rayleigh reprend le problème dans le Mémoire actuel.

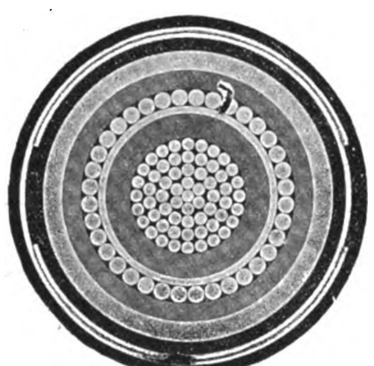
Sur la conductibilité électrique du tellure; Mlle Paule COLLET (*C. R. Acad. Sciences*, 25 mars 1913, p. 943-945). — L'auteur a étudié la conductibilité de trois masses de tellure polies, à faces parallèles, de 0,5 à 2 mm d'épaisseur. En faisant varier la pression, elle a reconnu que jusqu'à une certaine pression (3 à 4 kg : cm²),

Ateliers de Constructions Électriques du Nord et de l'Est

Société Anonyme au Capital de **25.000 000 de Francs.**

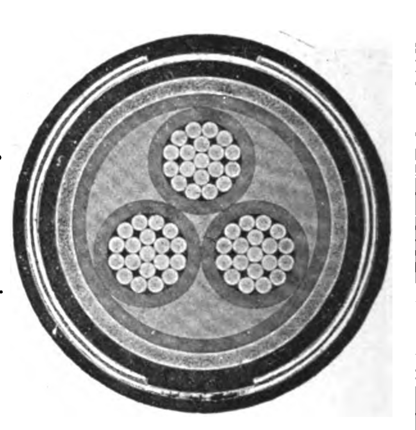
CABLERIE DE JEUMONT (NORD)

SIÈGE SOCIAL : *75, boulevard Haussmann, PARIS*



AGENCES :

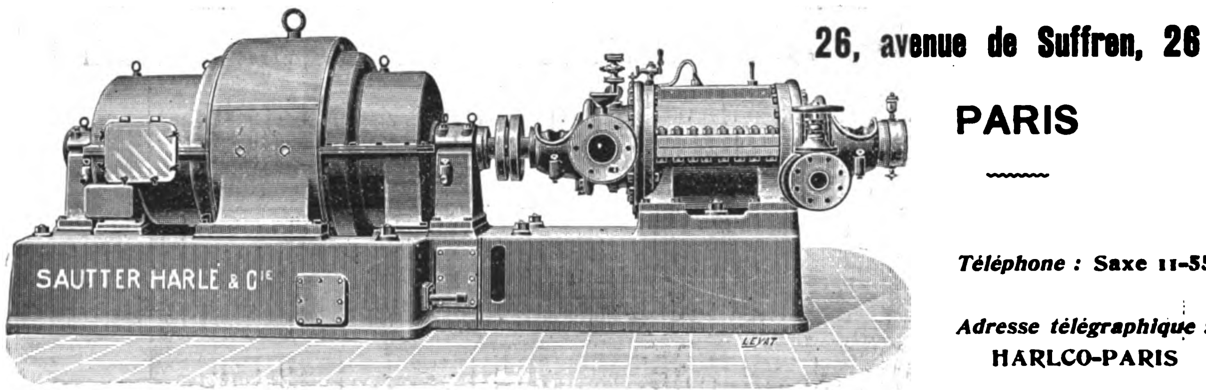
PARIS : 75, *boul. Haussmann.*
LYON : 168, *avenue de Saxe.*
LILLE : 34, *rue Faidherbe.*
NANCY : 2, *rue Grandville.*
MARSEILLE : 8, rue des Convalescents.
TOULOUSE : 20, *rue Cujas.*
ALGER : 45, *rue d'Isly.*



CABLES ARMÉS ET ISOLÉS A HAUTE ET BASSE TENSION

HARLÉ & Cie

Success^rs de SAUTTER, HARLÉ & Cie

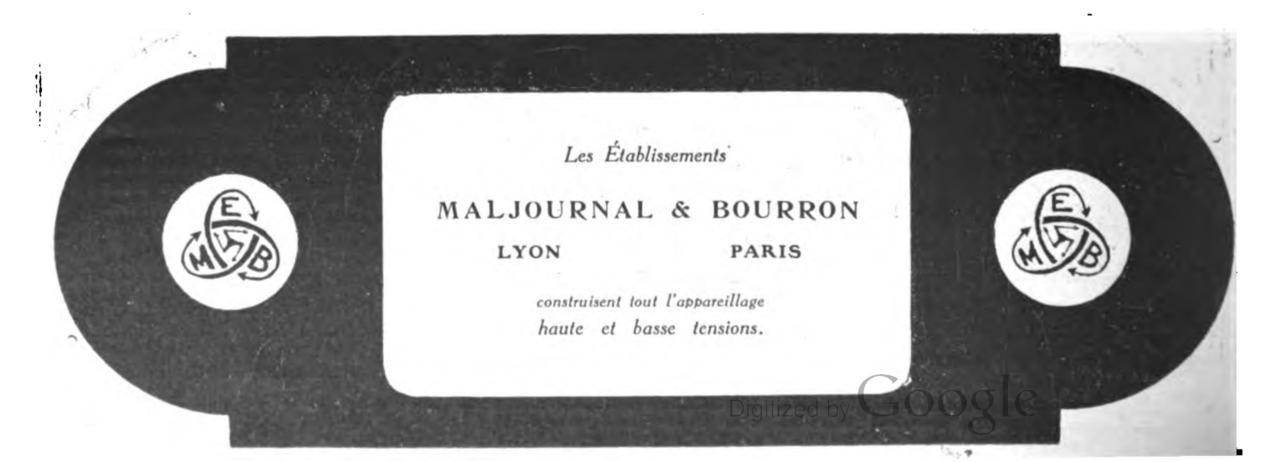


26, avenue de Suffren, 26

PARIS

***Téléphone :* Saxe 11-55**

Adresse télégraphique :
HARLCO-PARIS



la résistance varie de façon irrégulière, puis demeure consatnte jusqu'à une autre pression à partir de laquelle elle va en diminuant. Cette résistance a une valeur bien déterminée tant que la durée du passage du courant est de l'ordre d'une fraction de seconde; elle est fonction du temps quand cette durée excède plusieurs secondes. La résistance dépend aussi de la différence de potentiel appliquée.

Effet du champ magnétique sur la résistance; C.-W. Heaps (*Phil. Mag.*, décembre 1912, p. 813-819; *Journ. de Physique*, février 1913, p. 143). — L'auteur a obtenu les résultats suivants : 1° pour le tellure, le cadmium, le zinc et l'or, l'effet d'un champ transversal est toujours plus grand que celui dû à un champ longitudinal. H étant l'intensité du champ magnétique, R la résistance du métal, dR sa variation, les courbes qui ont pour abscisses H et pour ordonnées $\frac{dR}{R}$ ont une équation de la forme $\frac{dR}{R} = AH^2$. Les valeurs de A sont données par le tableau suivant :

	Champ transversal.	Champ longitudinal.
Tellure	105×10^{-12}	$27{,}7 \times 10^{-12}$
Bismuth	$12{,}000 \times 10^{-12}$	$3{,}200 \times 10^{-12}$
Cadmium	$2{,}88 \times 10^{-12}$	$1{,}77 \times 10^{-12}$
Zinc	$1{,}36 \times 10^{-12}$	$0{,}82 \times 10^{-12}$
Or	$0{,}38 \times 10^{-12}$	$0{,}32 \times 10^{-12}$

Comme l'effet Hall est *soixante* fois plus grand pour le tellure que pour le bismuth, on voit, d'après les nombres du tableau, que l'effet Hall est sans relation avec la variation de résistance sous l'influence du champ magnétique. 2° la résistance de la pyrite de fer ne varie pas sous l'influence du champ; s'il y a variation, elle est plus petite que 2.10^{-5} par ohm pour un champ de 10^4. 3° quelle que soit la direction de la force magnétisante, la résistance de la molybdénite décroît. 4° les courbes relatives à la magnétite indiquent que cette substance possède une structure interne très complexe. Pour les champs supérieurs à 5×10^3, il existe une relation linéaire entre $\frac{dR}{R}$ et H dans le cas de la magnétite.

Démonstration expérimentale de l'existence d'oscillations de première et de deuxième espèces dans l'arc de Poulsen; H. Fassbender et E. Hupka (*Phys. Zeits.*, 15 mars 1915), p. 222-226). — Après avoir rappelé que les travaux de Blondel (*Société française de Physique*, 1905, p. 464) et de Simon ont apporté quelque lumière sur le phénomène de l'arc chantant, les auteurs donnent la définition des trois régimes-types ou trois espèces d'oscillations qui se manifestent dans le circuit en dérivation sur l'arc. Celles de première espèce sont caractérisées par la nature continue de l'arc due à l'amplitude du courant alternatif qui reste toujours inférieure à l'intensité du courant continu qui alimente l'arc. La courbe du courant est sensiblement sinusoïdale et celle de la tension n'est marquée par aucune pointe. Au contraire, dans les oscillations de deuxième espèce, l'amplitude du courant alternatif est toujours au-dessus de l'intensité du courant continu; l'arc s'éteint un instant à chaque période. Le courant qui traverse l'arc n'est plus sinusoïdal. Les oscillations de troisième espèce se reconnaissent à l'extinction suivie d'un rallumage en sens contraire. Les expériences de MM. Blondel et Simon se rapportent à des fréquences de 10 000 p : s maximum. Les auteurs se sont alors proposé de vérifier la même théorie sur l'arc de Poulsen qui permet de réaliser des fréquences jusqu'à 100 000 p : s. Comme oscillographe ils emploient un tube Braun à quatre plateaux opposés deux à deux; le tube est monté sur un support spécial avec lequel on l'oriente suivant les besoins des expériences. La lampe Poulsen est alimentée par une batterie d'accumulateurs de 380 à 500 volts et un courant de 1 à 2 ampères. Le circuit oscillant est couplé lâche avec un circuit secondaire qui est accordé sur l'onde fondamentale du circuit oscillant. Les connexions à réaliser sont alors les suivantes. Deux plateaux opposés sont reliés en permanence aux extrémités de la self-induction secondaire; on obtient ainsi une déviation sinusoïdale du faisceau cathodique. L'autre paire de plaques est reliée aux bornes de l'arc pour l'obtension de l'onde de tension; aux bornes de la capacité, pour l'obtention de l'onde de courant de deuxième espèce, et enfin aux bornes d'une partie de la self-induction pour les oscillations de première espèce. On obtient ainsi

des figures de Lissajous dont il faut retrancher la courbe sinusoïdale auxiliaire pour avoir la courbe cherchée. Point n'est besoin d'insister sur la difficulté de ce travail. Au reste, l'auteur a bien constaté que les oscillations de première et deuxième espèces présentaient l'allure caractéristique qu'elles ont dans l'arc chantant, sauf la courbe du courant de deuxième espèce qui est affectée d'une irrégularité provenant de la courbe de tension de l'arc lui-même. Il n'a pas été possible de décider si cette irrégularité était normale ou simplement accidentelle.

Quelques phénomènes qui se manifestent à l'anode dans la décharge à travers les gaz; W.-G. Cady (*Phys. Zeits.*, 1er avril 1913, p. 296-302). — On a déjà souvent remarqué que la partie anodique d'un arc ou d'une effluve change facilement de position et d'aspect. Un déplacement des électrodes, des oscillations dans le courant, des variations de densité et de température du gaz ou encore des courants de convection dans le gaz provoquent un allongement ou un raccourcissement de l'arc ou bien son dédoublement en plusieurs branches; quelquefois aussi la décharge positive prend un mouvement oscillatoire. De faibles traces d'impuretés à l'unes des électrodes transforment profondément la nature de la décharge; ainsi l'effluve passe à l'état d'arc dès que la cathode contient une parcelle d'oxyde. A l'anode également, une dissymétrie quelconque ou des traces d'impuretés peuvent avoir des conséquences inattendues, du moins quant aux phénomènes extérieures; c'est l'objet de la présente communication que l'on peut résumer de la manière suivante. — Dans une décharge par effluves, s'il existe sur l'anode quelques parcelles d'oxydes, la colonne positive a une tendance à se rassembler sur ces corpuscules. Des expériences avec anodes en cuivre, mercure, fer ou argent dans l'azote, contenant un peu d'oxygène et à des pressions comprises entre 1,5 et 480 mm ont montré que cette concentration de la lumière positive sur des matières étrangères se manifeste par la formation de plusieurs petites colonnes positives de couleur rouge qui s'étendaient de l'espace obscur de Faraday jusqu'aux taches que présentait l'anode. En augmentant suffisamment l'intensité du courant, il se forme un arc qui a pour origine l'une quelconque de ces taches; il y a donc trois formes différentes de décharge à l'anode : effluve positive élargie, effluve positive concentrée et arc positif. Entre certaines limites du courant, chaque forme répond à un régime stable et chacune empiète légèrement sur l'autre. Le passage de la première à la deuxième puis de la deuxième à la troisième forme se produit en diminuant la tension et en augmentant l'intensité du courant. L'auteur discute ensuite les expériences de Ch. Fabry et H. Buisson qui ont considéré le rôle fondamental de la cathode dans le phénomène de l'arc (*Journ. de Phys.*, 1910, p. 929-961) et distingué « deux régimes » au lieu de « trois stades », comme dans le présent travail, ou au lieu de « trois formes » suivant l'expression de Hagenbach et Veillon. Le premier stade de Cady correspondrait au deuxième régime de Fabry et Buisson, et cette classification semble mieux répondre à la réalité des faits, puisque l'arc se forme après l'effluve, tandis que le phénomène inverse ne se produit pas.

Théorie de la décharge électrique dans un tube de de la Rive; D.-N. Mallik (*Phil. Mag.*, octobre 1912, p. 500-507 et *Journ. de Physique* février 1913, p. 145). — Quand une décharge électrique traverse un tube de La Rive à différentes pressions, il y a trois stades dans la décharge : pour des pressions élevées, la décharge consiste en un nombre infini de rayons; ceux-ci, à mesure que la pression diminue, se resserrent en une bande qui, si la pression est encore réduite, s'étend et remplit finalement tout le tube. Or une décharge électrique est formée d'un ensemble de corpuscules émanés de la cathode sous l'influence du champ électrique et d'ions, positifs et négatifs, produits par le choc de ces corpuscules sur les molécules du gaz. Les ions et les corpuscules exercent l'un sur l'autre des forces électriques, et, puisqu'ils sont en mouvement, des forces magnétiques. Comme ces masses se meuvent dans un milieu fluide, il y a également des forces provenant du milieu. L'effet de toutes ces forces le long d'une direction de décharge affecte le mouvement et les chocs le long de cette direction et, par suite, ne doit pas être considéré quand on étudie l'influence relative de différents rayons. En utilisant ces remarques, l'auteur fait la théorie mathématique de la décharge et montre qu'elle rend compte des diverses particularités du phénomène.

Oscillations hertziennes produites par des décharges intermittentes partant des taches isolées d'une cathode dans un tube de Crookes; Kr. Birkeland (*C. R. Acad. Sciences*, 17 mars, 1913, p. 879-882). — L'auteur a découvert, il y a quelques années, qu'une cathode

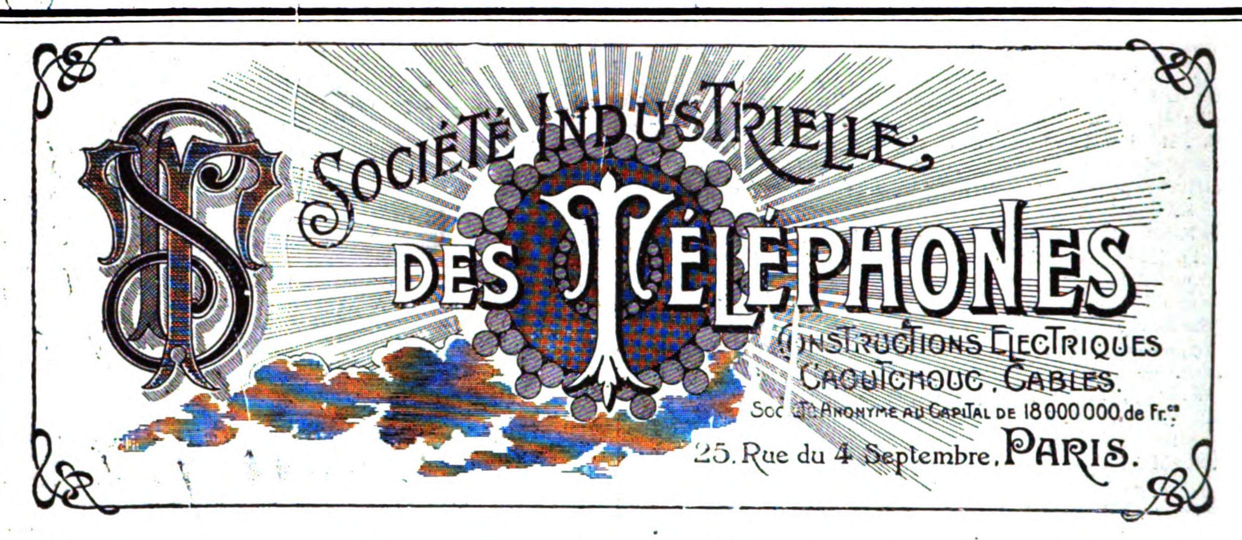
dans un tube de décharge alimenté par un courant *continu* émet par seconde, dans certaines conditions, des centaines ou des milliers de faisceaux de rayons cathodiques séparés par des intervalles déterminés dans chaque cas par les conditions expérimentales. Il a installé récemment un vase d'une capacité de 1000 l, avec un globe-cathode de 36 cm de diamètre afin de pouvoir mieux étudier ces phénomènes ainsi que d'autres se rattachant aux phénomènes solaires. Une propriété remarquable de cet appareil est que la cathode est extrêmement sensible aux champs magnétiques à tel point que l'on peut modifier considérablement l'intensité des phénomènes rien qu'au moyen des variations magnétiques produites par un microphone.

Sur les rayons magnétiques dans différents gaz; A. Righi (*Phil. Mag.*, novembre 1913, p. 804 et *Journ. de Physique*, février 1913, p. 152). — Observations sur le travail de MM. More et Rieman, (*Phil. Mag.*, t. XXIV, 1912, p. 307, et *Journ. de Phys.*, 5e série t. II, 1912, p. 851). — Elles portent principalement sur l'absence de « colonne induite », remarquée par ces auteurs dans certains gaz. M. Righi fait remarquer d'abord que la production des rayons magnétiques dépend d'un grand nombre de facteurs; comme MM. More et Rieman n'ont pas donné de valeurs numériques, une discussion précise est difficile. Il faudrait d'abord vérifier si, dans les divers gaz expérimentés, on retrouve l'intermittence de la décharge due au champ magnétique; elle est en effet en relation étroite avec l'existence de l'anode virtuelle. De plus, la nature du gaz peut, d'après la théorie même de M. Righi, influer sur le phénomène; les ions positifs ne sont pas les mêmes que dans l'air, la vitesse moyenne des électrons peut, dans chaque cas étudié, être différente; la probabilité de la formation d'un système ion-électron, sa stabilité, l'action du champ magnétique ne seront pas les mêmes. Il peut même y avoir disparition des systèmes planétaires par neutralisation. La théorie doit donc être complétée dans cette voie.

Sur une relation entre l'ionisation par les rayons cathodiques et certains effets chimiques; E. Jacot (*Phil. Mag.*, février 1913, p. 215-234). — L'auteur étudie les effets sur le phosphore blanc. Le faisceau cathodique passe dans un solénoïde qui donne un spectre magnétique dont on emploie qu'une très petite portion. Les expériences préliminaires ont montré que la transformation en phosphore rouge est due en partie à un effet thermique, en partie à un phénomène où le gaz ambiant joue un rôle; on s'en rend compte en mesurant l'énergie des rayons et en comparant celle-ci à la chaleur de transformation du phosphore. Celui-ci n'est donc pas soumis directement à l'afflux cathodique, mais il se trouve baigné dans le courant d'azote raréfié venant du tube où se trouve le cylindre de Faraday servant à recueillir les charges négatives transportées. — L'effet est proportionnel à l'ionisation, mais il semble que les ions facilitent la réaction sans y prendre part directement; ce serait de l'azote monoatomique qui aurait un rôle analogue à celui que lui a déjà attribué R.-J. Strutt (*Proc. Roy. Soc.*, mars 1911); on expliquerait ainsi la loi de proportionnalité. — L'ionisation dans l'azote est inversement proportionnelle à l'énergie des rayons cathodiques pour des vitesses de $2,93 \times 10^9$ à $4,76 \times 10^9$ cm : s, et elle est proportionnelle à la pression, de 0,083 à 0,025 mm de mercure.

La théorie de la diffusion des rayons Rœntgen. D.-L. Webster (*Phil. Mag.*, février 1913, p. 234-241). — La formule d'après laquelle l'intensité des rayons diffusés sous un angle θ est proportionnelle à $1 + \cos^2 \theta$ s'établit en admettant que chaque électron de la substance radiante diffuse la même quantité d'énergie que s'il était seul. Crowther a montré (*Proc. Roy. Soc.*, *A.*, t. LXXXVI, p. 472), que les nombres calculés ne concordent avec l'expérience que si $\theta < 60°$. — L'auteur donne une théorie qui est affranchie de l'hypothèse qui vient d'être indiquée et arrive à une expression dont les résultats concordent qualitativement avec ceux des expériences de M. Kaye (*Proc. Camb. Phil. Soc.*, t. XV, 1909, p. 269).

Recherches sur l'ionisation par les rayons X; F. Lebeau (*Journ. de Physique*, février 1913, p. 111-123). — L'auteur arrive aux conclusions suivantes : 1° on peut, à l'aide d'une multiplication convenable par l'ionisation par choc, mettre en évidence des fluctuations dans l'ionisation due aux rayons cathodiques secondaires produits par des rayons X frappant, soit latéralement, soit normalement, la surface métallique des électrodes. La fluctuation moyenne croît quand la multiplication par ionisation par choc croît; 2° dans un cas particulier, des discontinuités extrêmement grandes et régulières ont pu être constatées; 3° une augmentation



APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE

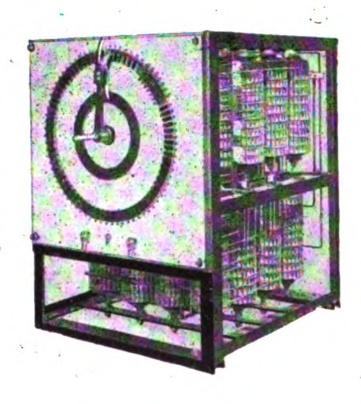
POUR HAUTES ET BASSES TENSIONS

INTERRUPTEURS - COUPE-CIRCUITS - DISJONCTEURS - RHÉOSTATS - DÉMARREURS - COMBINATEURS LIMITEURS DE TENSION - PARAFOUDRES - ÉLECTRO-AIMANTS

Interrupteurs MONOBLOC — Régulateurs, système J.-L. ROUTIN

TABLEAUX DE DISTRIBUTION

Stations Centrales — Sous-Stations — Postes de Transformation



Rhéostat d'excitation pour turbo-alternateurs de 3000 kilowatts.

MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE

MICROPHONES POUR TOUTES DISTANCES

Type PARIS-ROME le plus puissant

MICROPHONE A CAPSULE

RÉCEPTEURS A ANNEAU, A MANCHE OU FORME MONTRE

LE MONOPHONE

Appareil combiné extra-sensible

TABLEAUX CENTRAUX — COMMUTATEURS " STANDARD "

Installations à Énergie Centrale

MATÉRIEL TÉLÉGRAPHIQUE

Matériel spécial pour les Chemins de fer, les Mines, l'Armée, la Marine

FILS ET CABLES ÉLECTRIQUES

Sous Caoutchouc, Gutta, Papier, Coton, Soie, etc.

CABLES ARMÉS POUR TRANSPORT DE FORCE

Tensions jusqu'à 100.000 volts :: Laboratoire d'essai à 200.000 volts

CABLES POUR PUITS ET GALERIES DE MINES

CABLES ET TREUILS DE FONÇAGE

Fils pour Lumière. — Câbles Sous-Marins.

du courant sous l'influence de décharges successives répétées rapidement a pu être obtenue; cette augmentation, du moins au voisinage de la pression critique, semble provenir d'une action exercée par les rayons X sur les molécules gazeuses rendues ainsi plus aptes à être ionisées par choc; 4° surtout quand la direction des rayons est normale aux électrodes, il se produit, de temps en temps, au milieu de décharges donnant des déviations régulières, des décharges donnant des déviations beaucoup plus grandes (plus de 10 fois plus grandes). Le processus d'ionisation de ces très fortes décharges semble localisé à la surface du plateau de laiton servant d'électrode isolée.

Sur la recombinaison des ions produits par les rayons de Rœntgen; S.-J. PLIMPTON (*Phil. Mag.*, janvier 1913, p. 65-81, et *Journ. de Physique*, février 1913, p. 160). — La méthode employée est la suivante : on ionise le gaz aussi uniformément que possible entre deux électrodes planes parallèles au moyen d'un faisceau instantané de rayons de Röntgen, et on laisse la recombinaison se produire pendant un temps déterminé mécaniquement (pendule à contacts); on amène ensuite les ions sur les électrodes au moyen d'un champ instantané intense. Dans l'équation

$$\frac{1}{n} - \frac{1}{n_0} = \alpha t,$$

on a des valeurs de n correspondant à diverses valeurs de t; on peut ainsi déterminer α pour diverses pressions. Les expériences préliminaires, où l'on enlève les écrans de plomb qui empêchent le faisceau de tomber sur les électrodes, mettent bien en évidence l'influence de la pression, d'une part sur l'émission corpusculaire, de l'autre sur l'ionisation. Pour s'affranchir de la condition initiale on n'emploie pas l'équation précédente, mais l'équation dérivée

$$\alpha = \frac{d\left(\frac{1}{n}\right)}{dt}.$$

On trace les courbes $\frac{1}{n} = f(t)$; α est déterminé graphiquement. — Le coefficient de recombinaison diminue avec le temps et d'abord rapidement, puis lentement, et devient sensiblement constant. De plus, il diminue quand on réduit la pression. La variation de α semble en relation avec la diffusion; on le voit en comparant les différents gaz employés. Les valeurs initiales correspondraient à une distribution non uniforme de l'ionisation qui tendrait à s'uniformiser avec le temps. Résultats numériques air, CO^2, SO^2, C^2H^5Cl, C^2H^5Br, $(C^2H^5)^2O$].

La dissymétrie de l'émission des rayons secondaires; O.-W. RICHARDSON (*Phil. Mag.*, janvier 1913, p. 144-150). — L'auteur explique à partir de la théorie de Planck le fait que l'émission de rayons secondaires est plus abondante du côté opposé de la lame sur laquelle tombent les radiations excitatrices.

Diminution de vitesse des particules α dans les métaux; E. NARSDEN et H. RICHARDSON (*Phil. Mag*, janvier 1913, p. 184-193). — Les auteurs ont étudié la diminution de la vitesse des particules α qui traversent des lames minces d'or et d'argent. Leurs conclusions paraîtront ultérieurement.

Sur l'énergie des groupes de rayons β du radium; E. RUTHERFORD (*Phil. Mag.*, décembre 1912, p. 893, et *Journ. de Physique*, février 1913, p. 156). — L'auteur a calculé l'énergie de l'électron par la formule

$$E = \frac{1}{2} m_0 c^2 \frac{\beta^2}{\sqrt{1-\beta^2}};$$

il en a déduit l'énergie des divers groupes de rayons β (*Phil. Mag.*, octobre 1912). Sur une observation de M. Moseley, M. Rutherford a refait le calcul en tenant compte de la théorie de Lorentz-Einstein; on a

$$E = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right).$$

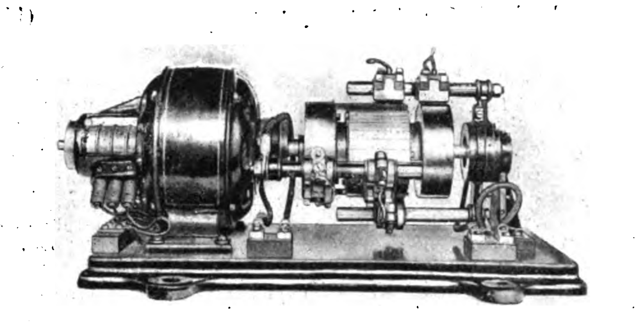
Quand β est voisin de l'unité, les deux formules donnent des nombres différents. On trouve encore une expression de la forme $pE_1 + qE_2$. Les énergies des lignes n° 1 à 8 (du radium B probablement) sont en progression arithmétique. Il est intéressant de comparer ces résultats avec ceux concernant la radiation caractéristique du radium C.

Etude de l'ionisation produite par les rayons β et γ aux hautes pressions; D.-C.-H. FLORANCE (*Phil. Mag.*, janvier 1913, p. 172-183). — L'auteur a obtenu les résultats suivants : 1° Le coefficient d'absorption apparent des rayons β de l'uranium X dans l'air, étant de 0,04 par centimètre, peut être réduit à 0,07; 2° les rayons β *émergents* produits par les rayons γ du radium C ont un coefficient d'absorption de 0,046 par centimètre d'air, tandis que les rayons β incidents ont un coefficient d'absorption égal à 0,056; 3° les rayons β semblent indépendants de la matière constitutive des plaques employées; 4° quand les plaques de la chambre d'ionisation sont distantes de 1 cm, l'ionisation du gaz due aux rayons γ est négligeable à la pression atmosphérique; à la pression de 80 atm, elle est égale à 100 environ de l'ionisation totale.

L'excitation des rayons γ par les rayons α; J. CHADWICK (*Phil. Mag.*, janvier 1913, p. 193-197). — L'auteur montre que des rayons γ peuvent être produits sous l'influence des rayons α.

Sur les rayons secondaires γ engendrés par les rayons β du radium; F. SODDY (*Phil. Mag.*, décembre 1912, p. 892). — Soddy et Russel ont montré en 1910 que les rayons γ de l'uranium X, observés par eux en 1909 (*Ph. Mag.*, t. XVIII, 1909, p. 620, et t. XIX, 1910, p. 728), ne sont pas des rayons secondaires dus aux rayons β. Les coefficients d'absorption donnés par M. Chadwick (*Phil. Mag.*, t. XXIV, 1912, p. 594) n'ont donc pas de signification théorique.

La teneur en radium de la pechblende; Berta HEIMANN et W. MARCKWALD (*Phys. Zeits.*, 1er avril 1913, p. 303-305). — Une des premières conséquences qui découlaient de la théorie de la désintégration atomique de Rutherford était la probabilité que, le radium constituant un produit de désagrégation de l'urane, la teneur en radium des minéraux uranifères devait être proportionnelle à leur teneur en uranium pur. Ces prévisions semblaient confirmées par les résultats des premiers expérimentateurs; c'est ansi que Boltwood et Strutt, indépendamment l'un de l'autre, ont trouvé que, pour 21 minéraux, ce rapport était égal à 10 ou à 4 seulement pour ceux plus riches en urane. Ensuite, Mlle Gleditsch, Soddy, Marckwald et Russel ont révoqué en doute cette loi à la suite d'essais dont les résultats contradictoires sont probablement dus à la diversité des méthodes de dosage : Ainsi Mlle Gleditsch détermine la richesse en radium d'un minéral par comparaison avec une préparation étalonnée. D'une solution contenant 50 g à 100 g de minéral, elle précipitait le radium après addition d'un bromure et d'acide sulfurique. Cette opération était répétée plusieurs fois pour corriger les pertes et enfin on transformait les sulfates en chlorures solubles; on prélevait une certaine quantité de cette solution et l'on dosait son émanation par les procédés habituels. Les auteurs ont suivi la méthode de Marckwald et Russel : on dissout 50 à 100 mg de minéral, on en extrait l'émanation et on la laisse ensuite reposer pendant 1 à 3 jours. L'émanation formée pendant cet intervalle est ensuite mesurée avec un électroscope d'Elster et Geitel. La chute en volts était ramenée à la proportion de radium qui produirait le même équilibre radioactif. On réalisait ainsi deux ou trois essais pour chaque minéral; et c'est aussi la moyenne de plusieurs analyses qui déterminait sa teneur en uranium. On a trouvé ainsi pour 9 échantillons de pechblende de provenances diverses et un échantillon de bröggerite de Norvège que le rappor $\frac{Ra}{Ur}$ était en moyenne $3,329 \times 10^{-1}$; les différences des résultats individuels atteignent au plus 0,4 pour 100. Ce mode opératoire a d'ailleurs été contrôlé par des expériences basées sur le rayonnement γ des minéraux étudiés (la bröggerite exceptée, puisqu'elle contient du thorium). En représentant par 100 le pouvoir rayonnant de l'étalon en unités arbitraires, on a obtenu pour le pouvoir rayonnant de l'urane contenu dans l'unité de poids du minéral les nombres : 100—99,6—99,8—100—100—100. Ces résultats sont nettement d'accord avec les précédents. Par conséquent si les pechblendes présentent un rapport $\frac{Ra}{Ur}$ si constant, ces minéraux constituent un étalon naturel qui, dans bien des cas, est préférable à l'étalon artificiel. Celui-ci, en effet, ne semble pas rigoureusement pur; Marcwald a émis, contre son emploi, cette objection qu'il con-



REDRESSEURS TOURNANTS

Système SOULIER

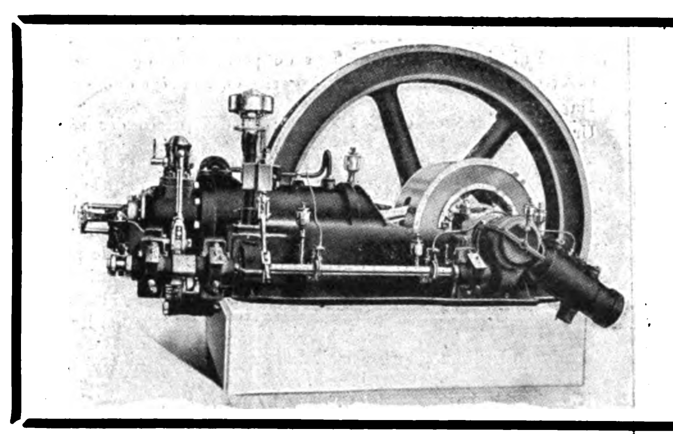
Alimentation des lampes à arc de cinématographe (30 à 60 ampères)

RENDEMENT TRÈS ÉLEVÉ

SOCIÉTÉ ANONYME DES APPAREILS ÉCONOMIQUES D'ÉLECTRICITÉ

Télé. : Gutenberg-24-80 :: 46, rue Taitbout, Paris

Moteurs Diesel "Oléa" :: Machines électriques à souder



MOTEURS DIESEL "OLÉA"

MISE EN MARCHE IMMÉDIATE

Économie considérable

FORCE MOTRICE, ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

DIÉNY & LUCAS, Ingénieurs

29, rue de Provence, Paris. *Téléph.* : 226.02

Cie Gle D'ÉLECTRICITÉ DE CREIL

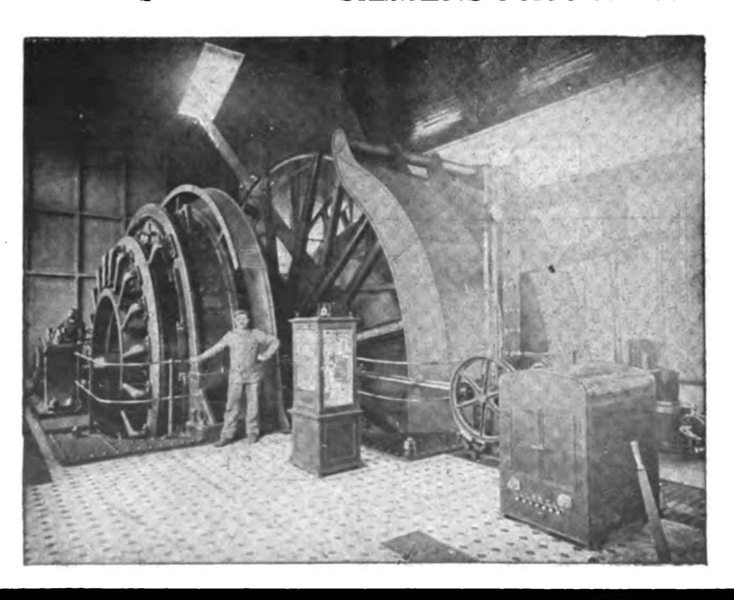
Société Anonyme. Capital 3.800.000 frs.

Siège Social : PARIS
19, rue Louis-le-Grand

Seule Concessionnaire pour la France et les Colonies des BREVETS et PROCÉDÉS *SIEMENS-SCHUCKERT*

Usines : A CREIL (Oise)

MATÉRIEL
A COURANT CONTINU ET ALTERNATIF
MONO- ET POLYPHASE
DE TOUTES PUISSANCES
MATÉRIEL POUR MINES



TRANSPORT D'ÉNERGIE
STATIONS CENTRALES — TRACTION
APPAREILS DE LEVAGE
MACHINES D'EXTRACTION — LAMINOIRS
COMPTEURS — LAMPES A ARC, ETC.

tient probablement 1 pour 100 de sel de baryum. Dans ce cas la moyenne trouvée ci-dessus, à savoir $3{,}33 \times 10^{-7}$ devrait être abaissée de 1 pour 100 et être prise égale à $3{,}30 \times 10^{-7}$. Outre la difficulté que présentent les mesures d'émanation avec l'étalon international, celui-ci a encore le grave inconvénient de s'altérer avec le temps, tandis que la composition de la pelchblende jouit d'une constance qui échappe aux atteintes des années. La Commission internationale de l'étalon du radium a choisi comme unité le « Curie », c'est-à-dire la quantité d'émanation en équilibre radioactif avec 1 g de radium; le nouveau « Curie » proposé par les auteurs serait la quantité d'émanation du radium en équilibre radioactif avec 1 g d'urane. Avec le premier, les résultats des mesures sont exprimés le plus souvent par des fractions 10^{-9} de l'unité fondamentale, tandis qu'avec le second, qui est environ 3×10^{6} fois plus petit, on pourrait créer un millicurie, ce qui serait une unité de l'ordre de grandeur de l'unité Mach = 1000 U.E.S.

L'effet photo-électrique; O.-W. Richardson et Karl T. Compton (*Phil. Mag.*, octobre 1912, p. 575-594) et *Journ. de Physique*, février 1913, p. 149). — Dans leurs expériences, les auteurs emploient une cellule photo-électrique de forme sphérique, au centre de laquelle est placé le métal à expérimenter, sur lequel on fait arriver la lumière d'une source monochromatique puissante; les nombres obtenus pour les vitesses des électrons sont corrigés de la différence de potentiel au contact entre l'électrode qui les émet et celle qui les reçoit. Les principaux résultats sont : 1° le maximum d'énergie T_m des électrons émis est une fonction linéaire de la fréquence; 2° les courbes qui donnent, pour une seule fréquence, le nombre relatif d'électrons émis avec une énergie donnée présentent un maximum et sont symétriques par rapport à son ordonnée; 3° on obtient pour chaque métal une fréquence minima ν_0 au-dessous de laquelle on n'observe pas d'effet photo-électrique; les électrons sont alors émis avec une vitesse nulle. Contrairement aux observations antérieures, on ne trouve pas d'électrons émis avec une vitesse négative, ce qui tient à ce fait que les expérimentateurs ne tenaient pas compte de la différence au contact entre les deux électrodes. Cette fréquence ν_0, caractéristique de chaque métal, s'obtient par l'intersection avec l'axe des fréquences de la droite représentant les variations de T_m avec la fréquence. Des considérations théoriques exposées antérieurement conduisent les auteurs à poser

$$T_m = h\nu - w_0 = h(\nu - \nu_0),$$

expression dans laquelle h est la constante de Planck, ν la fréquence et w_0 la chaleur latente d'évaporation des électrons au zéro absolu. La courbe de variation de T_m permet de calculer h, et la valeur obtenue est inférieure d'environ 20 pour 100 à celle que donnent les mesures de rayonnement : les auteurs cherchent l'explication de cette divergence dans certaines causes d'erreurs expérimentales; ils étudient en particulier l'influence d'une couche inactive à la surface du métal. La quantité w_0, déterminée par des considérations thermo-ioniques, permet de calculer h à partir de $w_0 = h\nu_0$, ce qui donne pour h une valeur trop grande, sans doute parce que w_0 est plus petit pour les électrons photo-électriques que pour les électrons thermo-ioniques. Enfin, en remarquant que pour les rayons Röntgen w_0 est négligeable et que l'énergie maxima des électrons qu'ils produisent est égale à celle des rayons cathodiques primitifs, la formule $T_m = h\nu - w$ permet de calculer ν. On trouve $\nu = 6{,}55.M^2\,10^{14}$, M étant le poids moléculaire du métal dont les rayons sont caractéristiques; on obtient ainsi pour le cuivre

$$\nu_0 = 2{,}64.10^{18}\,\text{sec}^{-1}.$$

Les propriétés photoélectriques de minces pellicules de platine; J. Robinson (*Phil. Mag.*, janvier 1913, p. 115-133, et *Journ. de Physique*, février 1913, p. 161). — L'auteur, continuant ses recherches, a constaté que le rapport du courant émergent E au courant incident I et le rapport des mobilités correspondantes passent par l'unité pour la même épaisseur de platine déposée sur une lame de quartz. Il a constaté, en second lieu, que les courants E et I subissent un accroissement brusque pour une certaine épaisseur qui serait de 10^{-7} cm (la mesure d'épaisseur est basée sur les résultats de Paterson, Paterson, *Phil. Mag.*, t. IV, 1902, p. 652) et décroissent ensuite. Pour des épaisseurs inférieures à 10^{-7} cm, le rapport de E à I est sensiblement constant, égal à 1,26, ce qui est en désaccord avec les expériences de Stuhlmann 1, 14 (*Phil.*

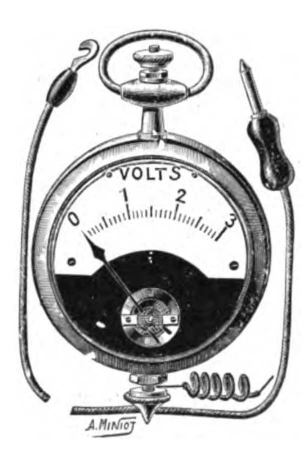
LANDIS & GYR PARIS

Rue Felix Ziem 2 et 2 bis

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

de tous les systèmes

COMPTEURS POUR TARIFS SPÉCIAUX - WATTMÈTRES TYPE FERRARIS - INTERRUPTEURS HORAIRES
INTERRUPTEURS AUTOMATIQUES POUR L'ÉCLAIRAGE DES CAGES D'ESCALIERS
RAMPES D'ÉTALONNAGE - LAMPES À FILAMENT MÉTALLIQUE



"L'ÉLECTROMÉTRIE USUELLE"

MANUFACTURE D'APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES

Ancienne Maison L. DESRUELLES

4, rue du Borrégo 4, — PARIS (20e)

TÉLÉPHONE : 922-53

:: Voltmètres et ampèremètres de précision à cadre mobile ::

APPAREILS INDUSTRIELS - APPAREILS DE POCHE

Tables de mesures — Ohmmètres

Envoi franco des Catalogues sur demande

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS

CARPENTIER, RIVIÈRE ET Cie

Armand D. RIVIÈRE et Cie, Successeurs

11 et 13, Rue de Belzunce, PARIS Xe

Entreprises Générales d'Électricité

TRANSPORT DE FORCE A HAUTE TENSION

STATIONS CENTRALES

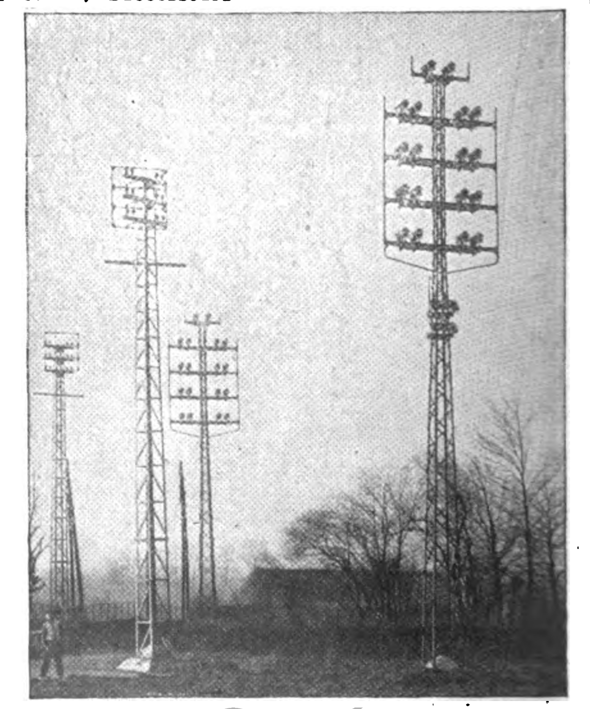
RÉSEAUX COMPLETS DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE

TRACTION ÉLECTRIQUE

CATENAIRE SYSTÉME Bté S.G.D.G.

Téléphone : Nord 48.48, Nord 53.61

Télégrammes : Carpenrive, Paris



Mag., août 1910, p. 331). — M. Robinson a comparé les résultats qu'on obtient avec la lampe à mercure en quartz et avec l'étincelle entre pointes de laiton; on obtient dans le second cas des électrons plus rapides, et la dissymétrie est alors très marquée. — L'auteur propose d'expliquer ce dernier phénomène par la production d'électrons « secondaires » par collision des électrons primaires avec les molécules de platine, l'épaisseur du métal étant supérieure au libre parcours moyen des électrons, estimé précisément par Paterson à 10^{-7} cm. Hughes (*Phil. Trans.*, A, Vol. CCXII, 1912, p. 205) a donné la relation linéaire suivante entre la mobilité V mesurée en volts et la fréquence N de la radiation excitatrice $V = kN - V_0$ où k et V_0 sont des constantes spécifiques du corps ionisé; une application à ces phénomènes est possible. L'orientation du plan de polarisation n'a pas d'influence sur la dissymétrie.

Effet photoélectrique de certains composés; R.-S. Willows (*Phil. Mag.*, décembre 1912, p. 891, et *Journ. de Physique*, février 1913, p. 155). — A propos d'une récente communication du D[r] Hughes (*Ph. Mag.*, septembre 1912), l'auteur rappelle les expériences de M. Garrett et les siennes, qui ont montré que les sels halogénés de zinc émettent de grandes quantités d'ions des deux signes quand on les chauffe vers 300°. Le phénomène se produit à la température du laboratoire si les sels sont humides; s'ils sont secs, il faut chauffer vers 360° au moins. Il serait intéressant de savoir si, dans les conditions où opère M. Hughes, on obtient un courant quand on renverse le champ accélérateur.

Sur l'effet photoélectrique dans quelques composés; A.-Ll. Hughes (*Phil. Mag.*, février 1913, p. 332). — L'auteur précise quelques détails d'une de ses expériences signalées récemment par Willows.

Polarisation rotatoire magnétique de l'azote et de l'oxygène liquéfiés; J. Chaudier (*C. R. Acad. Sciences*, 31 mars 1913, p. 1008-1010). — L'auteur a employé le dispositif classique de Verdet et Becquerel légèrement modifié : un nicol polariseur est placé à une extrémité du canal cylindrique creusé axialement dans un électro-aimant de Ruhmkorff; à l'autre extrémité, comme analyseur, se trouve un polariseur à pénombre de Cornu, dont les rotations se lisent sur un cercle divisé; une loupe permet d'observer nettement les demi-disques. Cette permutation du polariseur et de l'analyseur du polarimètre Cornu-Duboscq a pour but de rendre la netteté de la ligne de séparation des demi-disques indépendante des changements de mise au point dus à l'interposition des vases cylindriques de Dewar non argentés, contenant l'azote ou l'oxygène liquide, entre les deux pôles de l'électro-aimant. La source de lumière employée est une lampe Cooper-Hewitt à vapeur de mercure. Les valeurs ainsi trouvées pour les pouvoirs rotatoires magnétiques sont 0,00415 pour l'azote et 0,00782 pour l'oxygène; ces pouvoirs sont positifs, c'est-à-dire que la rotation a lieu à droite. — L'auteur a également étudié la dispersion rotatoire magnétique de ces deux gaz liquéfiés; il a trouvé : 1° l'azote obéit à la loi de l'inverse du carré de la longueur d'onde et ne s'en écarte que pour les radiations de courte longueur d'onde; sa dispersion rotatoire magnétique est voisine de celle du chlorure de méthyle; elle est moins grande que celle du sulfure de carbone qui, d'ailleurs, ne suit pas la loi de Biot; 2° l'oxygène possède une faible dispersion rotatoire magnétique et n'obéit pas à la loi de l'inverse du carré de la longueur d'onde, mais l'écart est en sens inverse de celui que présente le sulfure de carbone. Il est à remarquer que l'étude de la dispersion rotatoire de l'oxygène et de l'azote gazeux conduit à des résultats analogues aux précédents.

Nouvelles expériences sur la mobilité des ions positifs aux basses pressions; George-W. Todd (*Phil. Mag.*, janvier 1913, p. 163-171). — L'auteur a étudié l'influence, sur la mobilité des ions positifs à basse pression, des variations de la fréquence du courant alternatif produisant le champ électrique mis en jeu. La mobilité croît lorsque la fréquence dépasse une certaine valeur, et cette valeur est d'autant plus faible que la pression du gaz est plus basse.

Les variations du pouvoir absorbant de l'eau pour la lumière en présence de sels fortement hydratés, démontrées à l'aide du radiomicromètre. — Nouvelle démonstration de la théorie des solutions de Solvat; J. Guy, E. Schaeffer et H.-C. Jones (*Physik. Zeits.*, 1[er] avril 1913, p. 278-288).

BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin
(H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.), 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

452100. Purvis. — Perfectionnements aux chemins de fer électriques, 16 novembre 1912.

452055. Fischer Brill. — Télégraphe imprimeur dans lequel le transmetteur sert aussi de récepteur, 11 septembre 1912.

452062. Goldschmidt. — Détecteur d'ondes électriques, 17 octobre 1912.

452068. Le Las. — Téléphone porte-voix, 29 octobre 1912.

452087. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Nouveau microphone indéréglable, 27 février 1912.

452158. Prado y Blanco. — Télégraphie duplex par la méthode du pont, 14 décembre 1912.

452186. de Zoltynski. — Isolateur antiseptique pour appareil téléphonique, 19 décembre 1912.

452222. Raverot. — Perfectionnement de la transmission téléphonique de la parole, 20 décembre 1912.

452128. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Dispositif d'alimentation à voltage variable d'un moteur électrique à courant alternatif, 3 décembre 1912.

452135. Fouchet. — Groupe électrogène à vitesse variable à intensité et tension limitées, 28 février 1912.

452153. Société anonyme des Établissements L. Blériot. — Perfectionnements apportés aux électro-aimants et appareils analogues.

452274. Thofehrn. — Accumulateur électrique, 21 décembre 1912.

452287. Siemens Schuckert Werke. — Dispositif permettant de réduire les oscillations pendulaires des machines électriques, 23 décembre 1912.

451995. Société Guilhaumon et Ferrand. — Coupe-circuit automatique, 17 décembre 1912.

452011. Arno. — Système de protection et de sûreté pour l'immunité des personnes et contre les dangers d'incendie dans les installations électriques fondé sur l'emploi d'un transformateur fonctionnant comme appareil de sûreté, 17 décembre 1912.

452109. Parra. — Agrafe-boudin pour attache de câbles électriques, 25 novembre 1912.

452173. Société des automobiles et cycles Peugeot. — Dispositif de sécurité pour installations d'éclairage électrique, 17 décembre 1912.

452218. Bonnet. — Appareil transformateur statique multiplicateur total électrique pour tous courants alternatifs, 2 mars 1912.

452219. Bonnet. — Appareil transformateur statique multiplicateur total électrique pour courant continu, 2 mars 1912.

452260. Reiss. — Perfectionnements apportés aux lignes électriques, etc., 21 décembre 1912.

452273. Baron. — Enrouleur de cordon souple à deux, trois ou plusieurs conducteurs électriques, 21 décembre 1912.

452286. Siemens Schuckert Werke. — Câble flexible, 23 décembre 1912.

452302. Société the protective signal manufacturing C°. — Perfectionnements apportés aux conjoncteurs, 23 décembre 1912.

16916/16917/450558. Maison Bréguet. — Procédé de réglage automatique d'une résistance variable au moyen de courants alternatifs (simples ou polyphasés), 14 décembre 1912.

16930/451983. Krasnikoff et Meissner. — Appareil électrique pour transmettre l'écriture, etc., 17 décembre 1912.

452047. Keller. — Procédé de fabrication des corps incandescents pour lampes électriques à incandescence, 19 décembre 1912.

452077. Mme Alden. — Chaîne de suspension à fils dissimulés, 9 novembre 1912.

452238. Société Ludenscheider Metallwerke A. G. — Contact à pompe, 20 décembre 1912.

452359. Grissinger. — Répétiteur ou relais téléphonique, 18 avril 1912.

452366. Société Le matériel téléphonique. — Perfectionnements dans les télégraphes imprimeurs, 23 octobre 1912.

Nouvelles sociétés. — *Energie électrique de la région parisienne*, 25, rue de la Pépinière, à Paris. Capital social : 12 500 000 fr.

Compagnie lyonnaise d'électrothermie. — Siège social à Lyon. Durée : 50 années. Capital : 30 000 fr.

Société en nom collectif Kralik et Cie, magnétos électriques, 12, rue de Courcelles. Durée : 5 ans. Capital : 1 800 fr. Levallois-Perret.

Société en nom collectif Devez et Cie, installations d'électricité, 19, rue de Lagny, Vincennes. Durée : 6 ans et 9 mois. Capital : 1000 fr.

Modification de sociétés. — *Société andelysienne d'électricité*, 11, rue de la Tour-des-Dames. Capital fixé à 1 500 000 fr.

Résultats d'exploitation. — Nous donnons ci-dossous le tableau des recettes d'exploitation de quelques sociétés d'électricité pour le mois de février et pour les deux premiers mois de 1913.

DÉSIGNATION.	RECETTES du mois de février 1913	RECETTES depuis le début de l'année	DIFFÉRENCE Augment. en faveur de 1913
	fr	fr	
Énergie électrique du Nord de la France	269 598	566 444	99 024
Société roubaisienne d'Éclairage	289 264	616 596	— 5 064
Électrique Lille, Roubaix, Tourcoing	156 156	340 165	37 236
Compagnie électrique de la Loire et du Centre	497 743	1 041 588	158 462
Société générale de Forces motrices et d'Éclairage de la Ville de Grenoble	30 818	62 640	1 650

DÉSIGNATION.	RECETTES du mois de décembre 1912	RECETTES depuis le début de l'année	DIFFÉRENCE Augment. en faveur de 1912
Société des Forces motrices du Haut-Grésivaudan	59 125	121 685	5 799
Union électrique	109 408	224 313	52 491
Société d'Électricité de Caen	66 206	143 608	21 503
Société méridionale de Transport de Force	166 111	336 773	35 685
Sud- lectrique	204 893	443 058	109 507
Est-Électrique	77 742	162 347	83 385
Électricité de Bordeaux et du Midi	141 647	313 915	26 670
Énergie électrique du Sud-Ouest	187 659	397 782	95 431
Énergie électrique du Littoral méditerranéen	651 592	1 324 234	52 767
Chemins de fer électriques départementaux de la Haute-Vienne	52 212	100 911	61 921
Tramways de Roubaix-Tourcoing	150 203	346 750	6 515

Résultats d'exploitation. — Pour les neuf premiers mois de l'exercice, les recettes de la Société des Forces motrices du Refrain ont atteint 921 857 fr, en plus-value de 195 743 fr, soit 37 pour 100.

On trouvera dans le tableau ci-joint les recettes d'exploitation de quelques autres sociétés d'électricité pour le mois de février 1913, et pour l'ensemble de janvier et de février.

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Laon (Aisne). — Le conseil municipal aurait approuvé le traité passé avec la Société du Gaz pour l'installation de l'électricité dans la ville.

Quimperlé (Finistère). — Le conseil municipal aurait voté le principe du remplacement de l'éclairage au gaz par l'électricité.

Rocroi (Ardennes). — Une enquête serait ouverte sur le projet d'une demande de distribution d'énergie électrique présentée par la Société « Les Ardennes électriques ».

Blainville (Manche). — Le Conseil municipal a, paraît-il approuvé un projet d'éclairage électrique commun à Blainville, Agon et Gouville; l'usine électrique serait construite à Coutainville.

Charolle (Saône-et-Loire). — Le Maire aurait été autorisé à signer le cahier des charges présenté par la Compagnie provinciale des eaux, du gaz et de l'électricité pour l'installation de l'éclairage électrique.

Saint-Romain-le-Puy (Loire). — Le traité proposé par le Compagnie du Lignon pour la concession de la distribution de l'énergie électrique aurait été approuvé par la Municipalité.

Cheval-Blanc (Vaucluse), — Un projet de demande de concession de l'éclairage électrique déposé par M. Cana aurait été approuvé en principe.

Sainte-Anastasie (Gard). — Le Conseil municipal a, paraît-il, donné un avis favorable à la demande de concession d'éclairage électrique présenté par le Sud-Électrique.

Brionne (Eure). — Un projet d'éclairage électrique soumis par M. Préel serait actuellement à l'étude au Conseil municipal.

Avesnes (Nord).— Le Conseil municipal aurait approuvé le cahier des charges de la Compagnie du gaz concernant la distribution de l'énergie électrique.

Mantiat (Haute-Vienne). — Le Conseil a, paraît-il approuvé le traité passé avec le Centre Ouest pour l'éclairage électrique de la commune.

Lascelles (Cantal). — On annonce qu'une usine électrique va être construite dans cette localité, elle distribuerait la lumière à cette commune et aux villages environnants.

Replonges (Ain). — La Municipalité aurait décidé de faire installer la lumière électrique par les soins de l'Union Électrique.

Lens (Nord).— Une commission auraif été nommée pour étudier les propositions de la Compagnie du Gaz, relatives à l'éclairage électrique.

Bondues (Nord).— La Compagnie l'Éclairage électrique aurait sollicité la concession de l'éclairage dans la commune.

Pezou (*Le*) (Corrèze). — M. Roumaillac a, paraît-il, présenté à la commune un projet d'éclairage électrique.

Issoudin (Indre). — On annonce que la Municipalité aurait nommé une Commission pour étudier le projet d'installation de l'éclairage dans la ville.

Cognac (Haute-Vienne). — Le Conseil municipal aurait approuvé l'éclairage du bourg à l'électricité.

Alger. — La Compagnie centrale d'énergie électrique va, paraît-il, installer l'électricité dans de nombreuses communes de la Mitidja.

Chelles (Seine-et Marne). — M. Mallet aurait été nommé concessionnaire de la distribution d'énergie électrique.

Brouilla (Pyrénées-Orientales). — On annonce que l'éclairage électrique va être installé dans cette commune.

Terron (Lot). — M. Pradayrol, doit paraît-il procéder sous peu à l'installation d'une usine électrique sur les bords du ruisseau de Marceau. Cette usine desservirait Leyme et d'autres bourgs importants des environs.

Nogent-sur-Marne (Seine). — Le Conseil municipal aurait approuvé le traité passé avec la Compagnie du Secteur de la Rive Gauche.

Bois-Colombes (Seine). — Le Conseil municipal aurait approuvé le projet de concession présenté par la Compagnie électrique du Secteur de la Rive Gauche en vue de la distribution publique de l'énergie électrique.

Romainville (Seine). — Le projet de concession pour la fourniture du courant électrique présenté par l'Est-Lumière aurait été approuvé par le Conseil municipal.

La Chapelle Thècle (Saône-et Loire). — Un projet d'installation électrique est actuellement soumis à la commune.

Milly (Seine-et Oise). — Une enquête aurait été ouverte sur le projet de distribution d'éclairage électrique présenté par l'Omnium français d'électricité.

Mauze-sous-le-Mignon (Deux-Sèvres). — Une Société coopérative serait en voie de formation pour installer l'éclairage électrique à Mauze.

Jonchère (*La*) (Haute-Vienne). — Le Conseil municipal aurait approuvé le cahier des charges relatif à la concession d'éclairage électrique.

Lezignan (Haute-Garonne). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans cette commune en 1914.

L'Etang-la-Ville (Seine-et Oise). — Le maire vient, paraît-il de passer un traité avec la Société d'électricité de Saint-Germain-en-Laye pour l'installation de l'éclairage électrique de la commune.

Fort De L'Eau (Algérie). — La Compagnie centrale d'énergie électrique aurait été autorisée à éclairer cette localité.

Meximieux (Ain). — La Municipalité aurait accordé la concession d'une distribution d'énergie électrique à l'Énergie industrielle.

Rouiba (Algérie). — La Compagnie centrale d'énergie électrique a, paraît-il, été autorisée à desservir cette localité.

Saint-André-de-Fortenay (Calvados). — La concession de la distribution d'énergie électrique aurait été accordée à la Société régionale d'électricité de Caen.

Tiranges (Haute-Loire). — On annonce qu'une usine hydraulique électrique va être édifiée au barrage de l'Ance.

Divers.

Académie des Sciences. — Dans sa séance du 14 avril l'Académie des Sciences a procédé à l'élection d'un membre de la Section des Académiciens libres en remplacement de M. Teisserenc de Bort, décédé.

M. Landouzy obtint 42 suffrages; M. André Blondel 9; MM. Désiré André, Arnaud de Grammont, Paul Janet et Maurice d'Ocagne, chacun 1 suffrage. M. Landouzy a été proclamé élu.

— A la séance du 21 avril, a eu lieu l'élection d'un membre de la section nouvellement créée des Académiciens non résidents. M. Sabatier, qui a été proclamé élu, obtint 46 suffrages; M. Gouy en obtint 3; MM. Bazin et Stéphane, chacun 1 suffrage.

— Dans la même séance, il a été procédé à l'élection d'un correspondant pour la section de Mécanique, en remplacement de M. Amsler, décédé. Par 43 voix M. Jules Boulvin a été proclamé élu; 5 voix se sont portées sur M. Schwoerer.

— Deux autres élections ont eu lieu dans la séance du 28 avril. M. Schwoerer a été élu membre de la section de Mécanique, en remplacement de M. Dwelshauvers-Dery, décédé, par 46 suffrages contre 1 suffrage attribué à M. Stodola,

M. Gouy a été nommé membre de la section des Académiciens non résidents par 41 suffrages; 9 autres suffrages se sont portés sur M. Bazin, 1 sur M. Duhem.

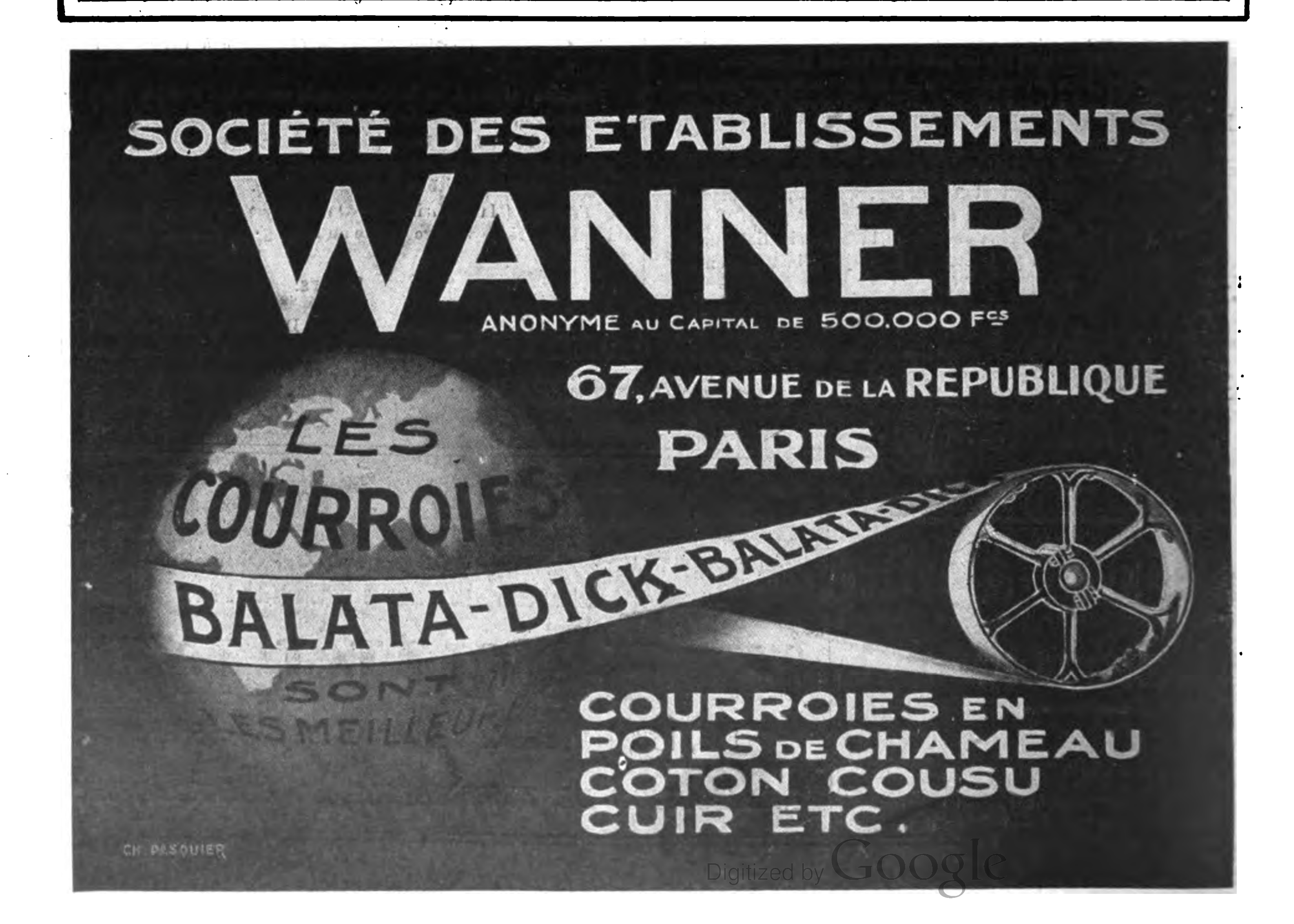
Société des Ingénieurs civils de France. — A l'occasion de l'Exposition de Gand une excursion en Belgique et en Hollande aura lieu du samedi 5 juillet au samedi 12 juillet. Elle comprendra a visite de Gand (samedi et dimanche, avec excursion à Ostende), de Rotterdam (lundi et mardi), de La Haye (mercredi), d'Amsterdam (jeudi et vendredi). Une excursion complémentaire permettra de visiter Zaandam, Le Helder, Enkhuisen, Stavoren, Leuwarden, Groningue-Meppel, Zwolle, Utrecht, pendant les journées du samedi et dimanche. Les prix de l'excursion sera probablemant de 350 à 360 fr pour la première partie de 430 à 440 fr pour les deux parties; ce prix comprend absolument toutes les dépenses individuelles, sauf la boisson en Hollande.

L'industrie du carbure de calcium en Italie. — Les importations et exportations pendant les trois dernières années sont résumées ci-dessous :

Importations	2708	70	20
Exportations	2172	8400	10428

On voit que les exportations ont largement progressé, tandis que les importations sont tombées pratiquement à néant. L'exportation est principalement dirigée sur l'Angleterre et le Portugal.

Poste de télégraphie sans fil de Arlington (Virginia, E.-U.). — Les fils d'antenne sont supportés par trois pylônes en treillis dont l'un a 183 m de hauteur et les deux autres 137 m. Leur ossature affecte la forme d'une pyramide quadrangulaire dont la base repose sur le sol par l'intermédiaire d'un tronc de pyramide triangulaire. Les trois pylônes sont situés aux sommets d'un triangle isoscèle ayant 106 m de hauteur et 106 m de base.



GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Force motrice. — *La houille blanche.* Conférence faite au Musée Social, par Henri Cahen, directeur de la Société d'Applications industrielles (*Mémoires et Documents du Musée Social*, avril 1913, p. 61-115). — Dans cette conférence, M. Cahen expose d'abord, en un très bref résumé, la génération, la captation de la houille blanche et sa transformation en énergie mécanique ou électrique; il examine ensuite comment cette énergie est utilisée, soit sur place par les industries électrochimiques et électrométallurgiques, soit à distance, par les transports et distribution d'énergie; il termine en examinant l'importance de ces nouvelles industries, leurs conséquences économiques et sociales, leur législation et leur avenir. — A la suite de cet exposé, M. Guillain, après avoir remercié le conférencier ajoutait : « M. Cahen vous a montré que ces progrès sont dus seulement à l'initiative et à l'énergie des particuliers, sans aucune aide des pouvoirs publics. L'industrie hydraulique s'est développée sous le régime légal du seul Code civil, et malgré les obstacles que la division de la propriété le long des rives des cours d'eau opposait naturellement à l'aménagement des chutes puissantes, dont M. Cahen, vous a montré l'importance. Ces obstacles étaient cependant, ou du moins paraissaient être, au début, un grave danger pour l'industrie naissante. Je me souviens qu'au Congrès de la Houille blanche, en 1902, les prétentions exagérées de quelques propriétaires, qu'on appelait alors les *barreurs de chutes*, furent l'objet des lamentations des industriels, et tous en appelèrent au bras séculier pour refréner ces prétentions. On concluait à réclamer énergiquement une législation protectrice. Le Parlement fut saisi de projets et de proposition de lois. Heureusement le travail parlementaire n'est pas rapide. Onze ans se sont écoulés depuis 1902, aucune loi n'a été votée, et il est peut-être permis de s'en applaudir. Les industriels ont, en effet, réussi, sans loi nouvelle, à porter leurs industries au degré de puissance que vous a montré M. Cahen. Ils ont écarté tous les obstacles par leur ténacité, par leur habileté et en payant suivant les règles du Code civil; c'était sans doute, plus efficace et moins dur que le secours de l'État, secours qu'on paierait par une ingérence peu désirable de l'Administration. »

Projet d'établissement d'un barrage sur la Sauer (Grand-duché de Luxembourg); J.-P. Manternach (*E. K. B.*, 24 avril 1913, p. 229-236). — Étude géologique, hydrographique, technique et économique d'un projet d'établissement d'un barrage sur la Sauer pour la production d'énergie électrique. Recherche détaillée de la consommation probable de cette énergie. Rendement économique de l'entreprise.

Les récents progrès de la turbine à vapeur; H.-T. Herr (*Journ. Franklin Institute*, mars, avril, mai 1913, p. 273-327, 385-413, 511-531). — Dans cet important travail, l'auteur donne tout d'abord une description très complète des turbines Westinghouse et les compare aux autres types de turbines. Il s'étend ensuite sur l'application de la turbine à la propulsion des navires, puis développe très longuement la thermodynamique de la turbine.

Génératrices électriques. — *Influence de l'attraction magnétique sur la vitesse critique des arbres de dynamos*; L. Bergeron (*Technique moderne*, 1er mai 1913, p. 321-325). — Si bien centrés que soient un arbre et la charge de masse M qu'il porte, le centre de gravité de l'ensemble est forcément excentré par rapport à l'axe de rotation d'une petite quantité e. Pour une vitesse angulaire ω, il en résultera sur l'arbre un effort $F = \frac{P}{g}\omega^2 e$, effort qui fera fléchir l'arbre d'une quantité que l'on pourra déterminer par la proportionnalité admise des flèches aux efforts. Cette flèche s'ajoutera à l'excentricité e, et créera un nouveau supplément de flèche f' que l'on déterminera encore de la même manière. A son tour ce supplément de flèche créera un nouveau supplément de flèche f'', et ainsi de suite. Pour de faibles valeurs de ω ces diverses augmentations de flèche vont en diminuant et leur somme tend vers une limite; l'arbre peut tourner sans se rompre. Mais pour une certaine vitesse angulaire Ω telle que $\Omega^2 f = g$, les accroissements de flèche deviennent égaux et l'équilibre élastique ne peut exister : c'est la vitesse critique. Pour une vitesse plus grande les flèches forment une série divergente; toutefois il y a alors un équilibre élastique pour une flèche finale de sens opposé à l'excentricité primitive e. Cet équilibre est théoriquement instable; en réalité, dans certaines conditions, la stabilité est rétablie grâce à des phénomènes gyroscopiques très compliqués. — Les premières turbines de Laval, dont les vitesses angulaires atteignaient 10 000 et 20 000 t : m, utilisaient normalement l'équilibre paradoxal existant au-dessus de la vitesse critique, mais il est évident qu'il est bien préférable et plus sûr d'en rester très éloigné, non en dessus, mais en dessous. Or, M. Bergeron démontre que la vitesse critique d'une masse tournant dans un champ magnétique est notablement inférieure à celle de la même masse tournant dans un champ nul; il est donc prudent de faire le calcul de cette vitesse critique. M. Bergeron indique dans son article les méthodes permettant d'effectuer les calculs pratiques qui se présentent dans l'industrie. — Comme exemple de cette diminution de vitesse critique, M. Bergeron fait une application à un moteur asynchrone et trouve que, tandis que la vitesse critique du rotor est de 2450 t : m dans un champ nul, elle tombe à 1200 t : m, lorsque le moteur est excité.

Nouvelle machine synchrone à courant alternatif; Léopold Klein (*Helios Zeits.*, 6, 13 et 20 avril, 1913, p. 853-855, 909-913, 1010-1012). — La machine en question est le « Générateur Patent », avec

(1) Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres. — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.



L'Éclat aveuglant

de la lumière des arcs flamme est un élément permanent de danger à cause des ombres violentes qu'elle procure. La source lumineuse des lampes

ARC FLAMME SANS CHARBONS
SILICA WESTINGHOUSE

n'est pas un point lumineux intense, mais un volume incandescent dont les rayons, grâce à leurs propriétés spéciales, ne sont pas éblouissants, mais reposants pour la vue.

Une lampe de 3000 bougies ne consomme que 0fr10 de courant par heure

Demander Tarif 434.



Adresse télégraphique : **HEWITLIGHT-SURESNES.**

Usines et Direction générale : **11, rue du Pont, SURESNES près PARIS.**

Téléphone : *Wagram* **86-10** :: *Suresnes* **92.**

SOCIÉTÉ GRAMME

ANONYME AU CAPITAL DE 2,300,000 FRANCS

20, rue d'Hautpoul, PARIS, Tél. 402-01

DYNAMOS COURANT CONTINU

Alternateurs, Moteurs, Transformateurs

Appareillage haute et basse tension

ACCUMULATEURS

Lampes Gramme à filament métallique

Groupe convertisseur.

enroulement auxiliaire pour le démarrage par le côté alternatif et la compensation de la réaction d'induit. L'auteur traite les points suivants : 1° Quels avantages présente l'emploi des nouvelles machines pour le possesseur d'une centrale électrique? économie d'énergie d'environ 2 pour 100 par la suppression des courants déwattés et autre économie d'environ 11 pour 100 provenant du fait que la nouvelle machine permet de compounder les alternateurs pour tous les facteurs de puissance; 2° quels avantages présente la fabrication du « Générateur Patent » pour les usines de constructions électriques? réduction de poids par rapport aux autres machines de même puissance; 3° quels progrès représente la nouvelle machine par rapport aux méthodes de compoundage et de réglage automatiques déjà connus? elle travaille même pendant les à-coups sans aucun réglage à la main, sans décalage des balais; elle démarre et fonctionne, comme moteur sous $\cos\varphi = 1$, et comme alternateur sa chute de tension est absolument nulle.

Usines d'électricité. — *Sur les causes des incendies de centrales électriques et leurs remèdes*; André Gérard, ingénieur à la Société d'Électricité du Pays de Liège (*Lumière électrique*, 3 mai 1913, p. 134-136). — Des incendies récents, survenus surtout aux États-Unis et en Suisse, ont appelé l'attention des ingénieurs sur les moyens de les éviter. — Les chaufferies et les salles de machines présentent peu de causes d'incendie. Les enroulements et les câblages des machines peuvent évidemment s'enflammer, mais ces incendies sont facilement localisés. Une cause plus grave a été introduite dans les salles de machines récemment construites, par l'adoption de filtres pour purifier l'air servant à la ventilation des alternateurs. Ces filtres, composés de bandes d'étoffes tendues sur des châssis en bois, forment un excellent aliment pour le feu et s'enflamment facilement; la flamme, aspirée par le ventilateur, a bientôt fait de détruire tout le bobinage et de faire gripper, par échauffement exagéré, les paliers du turbo-alternateur, ce qui provoque la destruction de la turbine. Pour éviter ces accidents, il convient de placer les filtres à air à une grande distance des alternateurs, dans un local spécial, particulièrement incombustible. — L'endroit le plus exposé aux incendies est le tableau de distribution. Il est recommandable de le placer dans un bâtiment spécial; il est également utile de mettre les transformateurs dans des logements spéciaux fermés par des rideaux métalliques. — Les interrupteurs à huile des alternateurs et des départs des feeders constituent également, dans les tableaux, un élément de danger. De diverses expériences faites récemment, il résulte que l'huile de ces interrupteurs prend feu de deux manières différentes. Une première manière résulte d'un échauffement progressif produit par mauvais contact aux mâchoires de l'interrupteur; l'huile fortement échauffée prend feu sous l'action de l'arc de rupture. Cette inflammation ne se produira toutefois qu'en cas de manque d'huile et lorsque l'interrupteur n'est pas complètement enfermé, car il faut, pour produire la combustion, qu'il y ait de l'air en présence de l'huile. Les interrupteurs devront donc être bien clos et munis chacun d'un niveau d'huile très visible. Comme l'huile tend à s'éteindre d'elle-même, quand elle n'est pas en contact avec une mèche, il convient aussi d'éviter dans la construction de l'interrupteur tout ce qui pourrait servir de mèche et veiller surtout à ce que les câbles sortant de l'interrupteur ne soient pas recouverts de matières isolantes. Le second mode d'inflammation est dû à un échauffement instantané lors d'un court circuit coupé par un interrupteur qui n'est pas proportionné à la puissance débitée sur le court circuit; il se produit alors une véritable explosion de l'interrupteur et l'huile enflammée est projetée; si elle rencontre une matière combustible, elle y met le feu et continue à brûler, cette matière lui servant de mèche. Pour éviter de pareils accidents, il faut des interrupteurs de grandes dimensions, car un interrupteur automatique de feeder coupe, en cas de court circuit franc sur ce feeder, non seulement l'intensité totale du courant produit à ce moment par la centrale, mais cette intensité multipliée par un coefficient 3 ou 4. Pour réduire ces dimensions, qui deviennent encombrantes, les constructeurs étudient soit des interrupteurs cuirassés à enveloppe en tôles d'acier très épaisses, soit des interrupteurs à huile comprimée, qui exigent moins d'huile pour une même puissance.

— En terminant l'auteur indique quelques-unes des précautions à prendre pour atténuer les effets d'un incendie local : emploi de conducteurs nus pour éviter la propagation, division des tableaux en sections séparées par des portes en fer, extincteurs à main placés en grand nombre aux points dangereux, etc.

TRACTION ET LOCOMOTION.

Transformation des lignes de tramways municipaux de Karlsruhe pour le remplacement du trôlet à roulette par l'archet (*E. K. B.*, 4 mai 1913, p. 262-263). — Le remplacement du trôlet à roulette par l'archet sur les tramways municipaux de Karlsruhe a été récemment décidé pour les raisons suivantes : Les déraillements des roulettes et les ruptures des perches causaient non seulement d'importantes pertes de temps, mais encore des accidents assez fréquents et souvent assez graves. La transformation doit être terminée dans 6 mois et coûtera environ 48 000 fr.

Le remplacement du trôlet à roulette par l'archet sur les tramways Nuremberg-Führter (*E. K. B.*, 4 mai 1913, p. 263-264). — Pour des raisons analogues le remplacement du trôlet à roulette par l'archet sur les tramways Nuremberg-Führter a été également décidé. Les travaux de transformation, lesquels porteront sur 160 voitures et 42 km de lignes, dureront 2 ans et coûteront environ 75 000 fr.

Automotrice auxiliaire du Boston Elevated Railway (*E. K. B.*, 14 avril 1913, p. 226). — Courte description d'une automotrice à bogies, munie de quatre moteurs de 160 chevaux, sous 600 volts chacun et destinée au transport des rails et du matériel, ainsi qu'au déblayage de la voie en cas d'accident.

Voiture à accumulateurs pour service de banlieue (*E. K. B.*, 14 avril 1913, p. 226-227). — Description d'une voiture à accumulateurs desservant une ligne de banlieue, d'une longueur de 9 milles, du chemin de fer de Pennsylvanie. La voiture parcourt environ 196 km par jour. Elle pèse, complètement équipée, 14 600 kg. Sa vitesse maxima est de 48,3 km : h, et sa vitesse commerciale de 26 km : h. La batterie se compose de 88 éléments « Hycap-Exide ». Sa capacité est de 400 a-h pour une décharge en 6 heures ; la charge complète s'opère en 3 heures 30 minutes.

Voitures à accumulateurs modernes; H. Beckmann (*E. u. M.* 20 et 27 avril 1913, p. 333-338). — Revue d'ensemble des applications de l'accumulateur à la traction.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

Sur les couches électriques dans les différences de potentiel de contact entre métaux; Norman Shaw (*Phil. Mag.*, février 1913, p. 241-256 et *Journal de Physique*, mars 1913, p. 247). — L'auteur a commencé par comparer à la méthode de Kelvin les méthodes d'ionisation; les valeurs finales trouvées pour les différences de potentiel de contact sont bien les mêmes. Il a ensuite recherché s'il s'écoule un temps appréciable entre la charge d'un métal et la formation des couches électriques : une plaque de laiton et la cage de Faraday entourant l'appareil étant au sol, on mesure la différence de potentiel laiton-plomb en laissant la plaque de plomb prendre d'elle-même cette différence de potentiel V mesurée à l'électromètre; on a ainsi, en portant les différences de potentiel en ordonnées et les temps en abscisses, une courbe (*a*). On établit ensuite entre les plaques une différence de potentiel $-V$; la région variable de la courbe de retour (*b*) se trouve au-dessus de la région variable de (*a*). La courbe (*c*), obtenue par une brusque mise à la terre de tout le système, se confond avec (*b*). — M. Shaw a répété ensuite par la méthode d'ionisation les expériences de Kelvin et d'Erskine-Murray; il a ensuite constaté que les courbes de charge à une différence de potentiel donnée des plaques zinc-laiton et laiton-laiton sont superposables si l'on retranche les valeurs des différences de potentiel de contact l'une de l'autre. Il a tracé ensuite les courbes de charges dans l'air sec, l'air humide et l'hydrogène; ce dernier gaz donne des résultats

Page XXXV-bleue

variables suivant son mode de préparation. Il se formerait des couches électriques supplémentaires; il n'y aurait donc pas de contradiction entre ces derniers faits et la théorie physique (électronique) des potentiels de contact, en faveur de laquelle plaident les expériences décrites dans les paragraphes précédents.

Force électromotrice produite par l'écoulement de solutions d'électrolytes dans des tubes capillaires; Louis Riéty (*C. R. Acad. Sc.*, 5 mai 1913, p. 1368-1370). — Antérieurement l'auteur a indiqué un procédé qui lui a permis de mesurer la f. é. m. de filtration de solutions concentrées de sels de cuivre et de zinc. Il a appliqué ce procédé à diverses autres solutions : chlorure, azotate et sulfate de potassium, potasse, acide chlorhydrique et acide sulfurique. Il a également mesuré la viscosité et la conductivité de ces solutions et a calculé ainsi les valeurs que la théorie d'Helmholtz permet d'attribuer à la différence de potentiel au contact du verre et de l'électrolyte.

Sur la réflexion des rayons de Röntgen; M. de Broglie (*C. R. Acad. Sc.*, 14 avril 1913, p. 1153-1155). — Récemment M. W.-L. Bragg a montré (*Nature*, décembre 1912) qu'un pinceau de rayons X frappant une lame de mica clivée sous une incidence rasante éprouve une réflexion régulière. Depuis M. Barkla (*Nature*, février 1913) et Hupka (*Nature*, mars 1913) ont signalé l'existence de franges dans l'image réfléchie. M. de Broglie a repris la question et a obtenu un certain nombre de résultats qu'il expose dans sa note, mais dont il considère l'interprétation comme trop incertaine pour pouvoir être indiquée.

Sur les images multiples que présentent les rayons de Röntgen après avoir traversé les cristaux; M. de Broglie (*C. R. Acad. Sc.*, 31 mars 1913, p. 1011-1012). — Prenant sensiblement le même dispositif que MM. Friedrich et Knipping, M. de Broglie a étudié différents cristaux : blende, fluorine, sel gemme, magnétite.

Sur les nouveaux phénomènes de diffraction des rayons X dans les milieux cristallins; M. de Broglie (séance de la Société française de Physique du 7 mars 1913). — M. de Broglie résume les résultats obtenus par MM. Laue, Friedrich et Knipping en faisant passer un pinceau de rayons de Röntgen à travers des cristaux.

— Le point de départ de M. Laue a été le suivant : les rayons de Röntgen sont dénués de propriétés optiques ordinaires; ils ne présentent ni réflexion, ni réfraction, ni diffraction; les expériences de MM. Röntgen, Perrin, Gouy et plus récemment de MM. Hagat et Wind, puis Pohl et Walter, peuvent s'interpréter en supposant que, si le rayonnement de Röntgen a une structure ondulatoire, ce ne peut être qu'avec une longueur d'onde extrêmement petite, de l'ordre de 10^{-9} cm (ultraviolet extrême $\lambda = 10^{-5}$ cm). — Pour obtenir des phénomènes de diffraction nets avec des réseaux, il faut qu'il y ait un certain rapport entre l'écartement des traits du réseau et la longueur d'onde de la lumière à diffracter; les réseaux qui conviendraient pour des longueurs d'onde $\lambda = 10^{-9}$ cm devraient avoir comme intervalle de leurs traits une longueur de l'ordre des distances moléculaires dans les solides (10^{-8} cm). D'après la théorie de la structure réticulaire des milieux cristallins, de tels réseaux (à trois dimensions) existent naturellement dans les cristaux. — La théorie, faite d'une façon tout à fait analogue à celle des réseaux de diffraction ordinaire conduit aux résultats suivants, dans le cas simple où le rayon incident tombe normalement à une face du cube dans un cristal appartenant au système régulier. Une direction donnera des maxima principaux d'intensité quand elle appartiendra à la fois à trois familles de cônes dont les axes sont dirigés suivant les arêtes du cube, c'est-à-dire, en supposant une plaque photographique placée perpendiculairement au rayon incident, qu'on devra observer des images du faisceau aux intersections communes à deux familles d'hyperboles, dont les axes sont rectangulaires et à une famille de cercles concentriques. Il est clair que ce n'est qu'exceptionnellement qu'une telle triple intersection sera réalisée, mais si les intersections deux à deux ne sont pas trop éloignées, on pourra avoir un maximum plus ou moins accusé. Si l'on aime mieux, les directions de maxima devront être telles que, si $\alpha\beta\gamma$ sont leurs cosinus directeurs par rapport aux axes du cube, on ait à la fois

$$\alpha = n_1\frac{\lambda}{a}, \quad \beta = n_2\frac{\lambda}{a}, \quad 1 - \gamma = n_3\frac{\lambda}{a}, \quad \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1,$$

a étant le paramètre suivant les axes du cube, n_1, n_2 et n_3 des

nombres entiers. — M. de Broglie expose alors les résultats obtenus par M. Laue et publiés dans les *Comptes rendus de l'Académie royale de Munich* des 8 juin et 6 juillet 1912; il y ajoute les projections de clichés personnels qui montrent, résultat également obtenu, croit-il, par M. Laue et ses collaborateurs, que les diagrammes photographiques sont les mêmes pour des cristaux différents, du même système cristallin (blende, fluorine, sel gemme). L'action de la température paraît, de plus, être sans action; ainsi la photographie obtenue à travers un cristal de sel gemme plongé dans l'air liquide ne diffère pas de celle correspondant à la température ordinaire; il semble donc que les causes qui peuvent faire varier le paramètre du réseau sans altérer la symétrie du cristal ne modifient pas les diagrammes au moins comme position des images, l'intensité relative de ces dernières paraissant susceptible de variation.

Sur les phénomènes optiques présentés par les rayons de Röntgen rencontrant des milieux cristallins; M. de Broglie et F.-A. Lindemann (*C. R. Acad. Sc.*, 13 mai 1913, p. 1461-1463). — En dirigeant sur un cristal un faisceau circulaire de rayons Röntgen sous une incidence de 70° à 85°, on obtient des images de réflexion qui sont souvent striées de franges. Trois explications de ces franges peuvent être mises en avant : les franges peuvent être les différentes lignes d'un spectre; elles peuvent être dues à un phénomène d'interférence entre les rayons réfléchis successivement sur une série de plans réticulaires parallèles à la face réfléchissante (Hupka); elles peuvent avoir pour origine des réflexions sur des plans de clivage plus ou moins amorcés, existant accidentellement dans le cristal. La première hypothèse ne rend pas compte des phénomènes observés; la seconde ne paraît pas être en général la cause des franges; l'auteur incline à rapporter à la troisième le type de franges à raies larges et peu nombreuses qu'on observe le plus souvent.

Recherches expérimentales sur la protection magnétique réalisée au moyen d'écrans cylindriques multilamellaires; W. Esmarch (*Annalen der Physik.*, t. XXXIX, p. 1540-1552; et *Journal de Physique*, mars 1913, p. 255). — Un double cadre d'Helmholtz et une bobine de galvanomètre placée à l'intérieur du cadre donnaient deux champs perpendiculaires au méridien magnétique et opposés l'un à l'autre. Le courant dans la bobine était réglé de façon que son action détruisît celle du cadre, et que l'aiguille aimantée suspendue à l'intérieur du système s'orientât uniquement sous l'action de la terre. L'introduction d'un écran magnétique intérieur au cadre seul diminuait son action et il était nécessaire de diminuer le courant circulant dans la bobine pour ramener l'aiguille dans sa position d'équilibre primitive. Le rapport $\frac{i'}{i}$ des intensités de courant dans la bobine après et avant l'introduction de l'écran mesurait l'action protectrice réalisée. Les écrans étaient constitués par des cylindres de laiton sur lesquels étaient enroulées des couches successives de fil de fer doux séparées par des couches de carton. Des expériences de l'auteur il résulte que, pour un rapport donné entre les diamètres extérieur et intérieur des écrans réalisés par l'enroulement d'un fil de même nature, la protection croît avec le nombre de couches, mais tend vers une limite. Il est avantageux de donner aux couches de carton la même épaisseur qu'aux couches de fils. Tant que le diamètre du cylindre est inférieur au tiers de sa longueur, l'influence des extrémités ouvertes est peu importante.

Théorie de la protection magnétique réalisée au moyen d'écrans multilamellaires cylindriques ou sphériques; W. Esmarch (*Annalen der Physik.*, t. XXXIX, 1912, p. 1553-1556; et *Journal de Physique*, mars 1913, p. 256). — L'auteur cherche à établir théoriquement la valeur de la protection réalisée par un certain nombre de cylindres et fers concentriques de rayon intérieur r_{2n-1} et de rayon extérieur r_{2n} pour n écrans. Il arrive à une expression de la forme

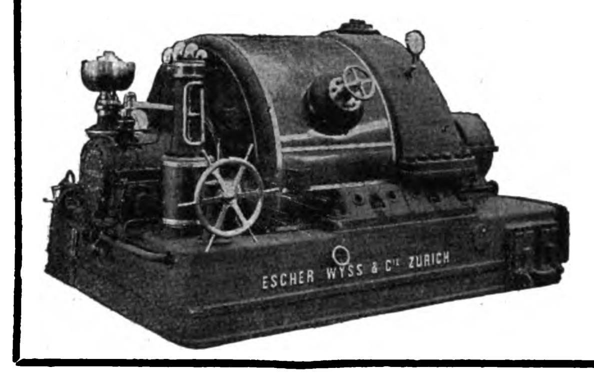
$$\frac{H_{\text{int.}}}{H_{\text{ext.}}} = \left(\frac{r_1}{r_{2n}}\right)^2 (1 + \alpha_2 D_2 + \alpha_3 D_3 \ldots + \alpha_2\alpha_3 D_{r3} + \ldots + \alpha_2\alpha_3\alpha_4 D_{234}) + \ldots$$

avec

$$\alpha_{2n} = \frac{r_{2n}^2}{r_{2-n}^2} - 1.$$

ESCHER WYSS & Cie





TURBINES A VAPEUR

à action, Système ZOELLY

3.114.251 chevaux en service et en construction

TURBO-POMPES

TURBINES HYDRAULIQUES

Syst. FRANCIS et PELTON. Conduites

2.549.691 chevaux en service et en construction

BUREAU DE PARIS, 39, RUE DE CHATEAUDUN

Téléph : Saxe 4-39

COMPAGNIE DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE

44, rue du Docteur-Lombard. — ISSY-LES-MOULINEAUX (Seine)

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

Système "BT", breveté S. G. D. G.

Pour courants alternatifs, monophasés et polyphasés

Agréés par l'État, les Villes de Paris, Marseille, Grenoble, etc.
Employés par la Compagnie Parisienne d'Electricité, les Secteurs de la Banlieue et les principales Stations de Province.

Plus de **300000** appareils en service

LIMITEURS D'INTENSITE pour Courants continu et alternatif

Transformateurs de Mesure - Compteurs horaires

Les VARIATEURS de VITESSE

Système "**WAGNER**" breveté

donnent instantanément **10 ou 20 Vitesses** *différentes, lisibles sur une échelle graduée, variant dans des rapports de* **1** *jusqu'à* **30.**

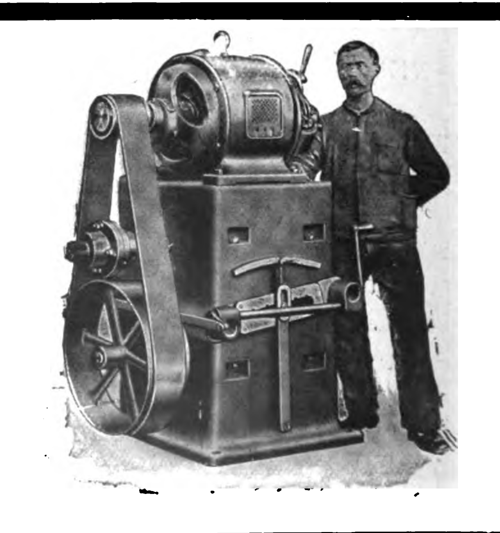
Ils permettent l'emploi de moteurs rapides

DONNANT A TOUTES LES VITESSES DE L'ARBRE-RÉDUCTEUR

leur pleine puissance.

Manœuvre simple et facile. — Rendement élevé.

DEMANDER LE CATALOGUE C



PIERRE EHL

Ingénieur

40, RUE BLANCHE :: PARIS

TÉLÉPHONE : 299-69. TÉLÉGRAMMES : Pierehl-Paris.

Les expressions D sont des déterminants d'apparence assez complexe, mais leur calcul se simplifie lorsqu'on se rend compte de leur signification physique. Une expression de la forme D_{ijk} représente suivant la valeur des indices, la protection réalisée par deux cylindres de fer infiniment minces ou infiniment épais, séparés par une couche d'air infiniment mince ou infiniment épaisse. Les indices indiquent la nature des couches qu'il faut supposer infinies : d'air pour les indices impairs, de fer pour les indices pairs. Les déterminants D se ramènent donc, en appelant μ la perméabilité, à une des trois expressions

$$\left[\frac{(\mu+1)^2}{4\mu}\right]^2, \quad \frac{(\mu+1)^2}{4\mu} \quad \text{et} \quad 1.$$

La formule se simplifie beaucoup quand on suppose que les rayons successifs croissent en progression géométrique. En posant

$$\alpha = \sqrt[2n-1]{\frac{r_{2n}^2}{r_1^2}} - 1, \qquad M = \frac{(\mu+1)^2}{4\mu},$$

avec

$$\frac{H_{\text{int.}}}{H_{\text{ext.}}} = \left(\frac{r_1}{r_{2n}}\right)^2 K_n,$$

les expressions K sont données par la formule de récurrence

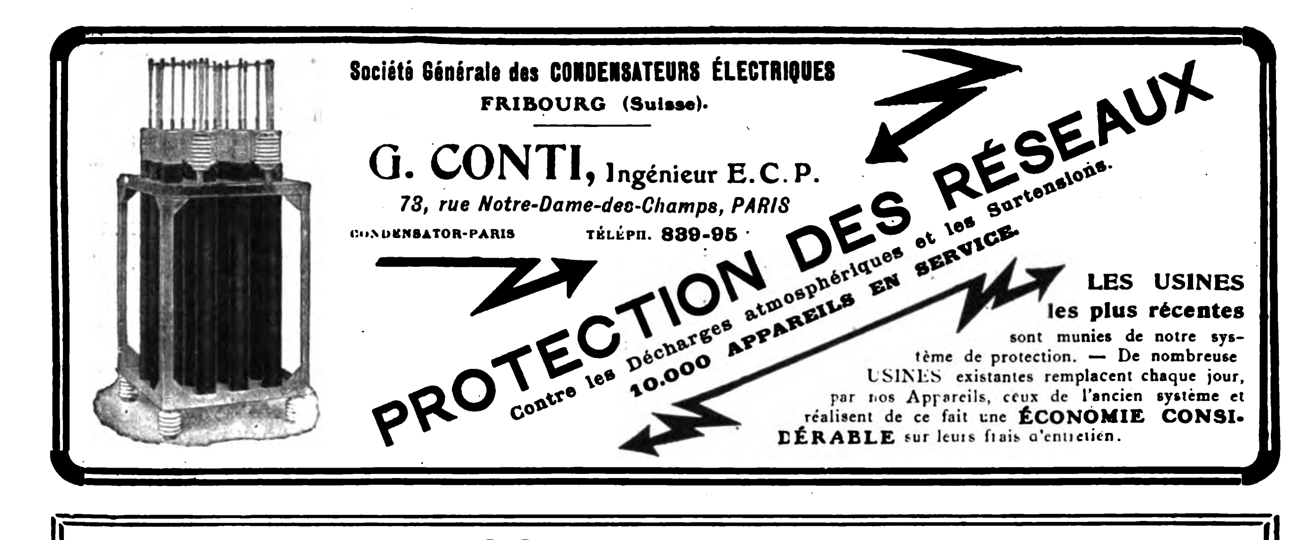
$$K_n = sK_{n-1} - tK_{n-2},$$

avec

$$s = 2(1+\alpha) + M\alpha^2,$$
$$t = 1 + \alpha^2.$$

Simplification des raies spectrales par le champ magnétique; R. Fortrat (*C. R. Acad. Sc.*, 13 mai 1913, p. 1459-1461). — L'action du champ magnétique sur l'émission de la lumière qu'on croyait, au début, remarquablement simple, a donné des résultats de plus en plus compliqués : tandis que le triplet normal se rencontrait rarement, les effets complexes devenaient de plus en plus nombreux. Il semble toutefois maintenant que l'emploi de champs très élevés conduise au contraire à une plus grande simplicité. D'une part, en effet, le triplet normal a repris une importance fondamentale à la suite de la découverte récente de Paschen et Back; d'autre part, des raies naturellement complexes sont ramenées par le champ magnétique en une raie unique. C'est de ce dernier effet, le rassemblement des raies complexes en une seule, dont il est question dans la note. L'auteur a opéré au laboratoire de M. Pierre Weiss avec un champ de 40000 gauss. En étudiant la bande verte du carbone, qui est composée d'une série de doublets et d'une série de triplets, il a constaté que le champ magnétique fait de tous les doublets des raies simples et que les triplets sont aussi réduits à une raie simple quand ils sont assez étroits. L'auteur a également étudié la bande bleue du spectre de Svan, le spectre du pôle négatif de l'azote, etc. Dans tous les cas, il y a simplification du spectre par le champ magnétique.

Détermination de la durée d'établissement de la biréfringence électrique; C. Gutton (*C. R. Acad. Sc.*, 5 mai 1913, p. 1370-1373). — L'auteur a montré antérieurement que les variations de la biréfringence électrique des liquides ne suivent pas instantanément celles du champ de force électrique. Lorsque ce dernier n'est établi que pendant un temps très court, la biréfringence n'atteint pas la grandeur qu'elle aurait dans un champ statique. Depuis l'auteur est parvenu à déterminer quelle est la durée de charge d'un condensateur au-dessous de laquelle le liquide qui baigne les armatures n'atteint pas complètement sa biréfringence normale. Les expériences qu'il a effectuées dans ce but sont décrites dans la note qui nous occupe. Elles ont porté sur trois couples de liquides : naphtaline bromée et sulfure de carbone, sulfure de carbone et toluène, nitrobenzine et naphtaline bromée. Elles ont montré que pour que la biréfringence électrique du sulfure de carbone atteigne sa valeur normale, il fallait un temps au moins égal à $1{,}4 \times 10^{-8}$ seconde; pour le toluène ce temps est au plus de $1{,}7 . 10^{-8}$ seconde, et pour la naphtaline bromée, de $0{,}6 . 10^{-8}$ seconde. Ces durées sont de l'ordre du temps de relaxation de Maxwell, ce qui est conforme à la théorie émise par Larmor, par MM. Cotton et Mouton, et développée par M. Langevin, et d'après laquelle la biréfringence le résultat d'une orientation moléculaire.


Société Générale des CONDENSATEURS ÉLECTRIQUES
FRIBOURG (Suisse).
G. CONTI, Ingénieur E.C.P.
73, rue Notre-Dame-des-Champs, PARIS
CONDENSATOR-PARIS TÉLÉPH. 839-95
PROTECTION DES RÉSEAUX
Contre les Décharges atmosphériques et les Surtensions.
10.000 APPAREILS EN SERVICE.
LES USINES
les plus récentes
sont munies de notre système de protection. — De nombreuse USINES existantes remplacent chaque jour, par nos Appareils, ceux de l'ancien système et réalisent de ce fait une ÉCONOMIE CONSIDÉRABLE sur leurs frais d'entretien.


Digitized by Google

Biréfringence magnétique de mélanges liquides; A. Cotton et H. Mouton (*C. R. Acad. Sc.*, 13 mai 1913, p. 1456-1459). — L'hypothèse la plus simple que l'on puisse faire touchant la biréfringence d'un mélange de deux liquides est que la règle d'*additivité* est applicable, c'est-à-dire que tout se passe comme si les liquides considérés se trouvaient placés dans deux tubes séparés, traversés successivement par le rayon lumineux, ces deux tubes étant de même section que celui dans lequel on examine le mélange et de longueurs telles que les masses respectives y soient les mêmes que dans le mélange. Pour soumettre au contrôle de l'expérience la légitimité de cette hypothèse, les auteurs ont d'abord étudié des mélanges de nitrobenzène avec du tétrachlorure de carbone, de l'alcool, de l'acétone, du dibromure d'éthylène. Les résultats obtenus montrent qu'on ne peut pas appliquer rigoureusement à la biréfringence magnétique la règle d'additivité.

Influence de la valence du métal sur l'effet photo-électrique des composés métalliques; G.-A. Dima (*C. R. Acad. Sc.*, 5 mai 1913, p. 1365-1368). — On sait que presque tous les corps, chargés négativement, exposés à la lumière ultraviolette, émettent des charges négatives. L'auteur a fait une série d'expériences, dans l'air à la pression ordinaire, en vue de voir si le fait qu'un métal présente une valence différente dans des composés analogues, influence l'émission des charges électriques. - L'appareil employé est un condensateur. L'une des armatures, présentant une fenêtre avec toile métallique, est portée à un potentiel positif et constant d'une centaine de volts. L'autre armature supporte la substance à examiner; elle est mise en communication soit avec le sol, soit avec l'une des paires de quadrants d'un électromètre. On mesure pour un temps déterminé le déplacement du spot. La sensibilité de l'appareil est telle qu'une division de l'échelle correspond à 2.10^{-13} coulomb. Comme source lumineuse on employait une lampe à mercure en quartz à 220 volts. - Les expériences ont porté sur des sels mercureux et mercuriques, stanneux et stanniques, ferreux et ferriques, cuivreux et cuivriques, etc. Dans tous les cas le composé où la valence du métal est la plus petite paraît avoir le pouvoir photo-électrique le plus grand. Ce fait pourrait s'expliquer, dans l'hypothèse électronique de la matière, de la manière suivante : le composé où l'atome du métal a une valence et donc une charge *positive* plus grande, produit l'émission de corpuscules négatifs la plus faible.

Orages magnétiques et phénomènes d'hystérésis; J. Bosler (*C. R. Acad. Sc.*, 5 mai 1913, p. 1419-1420). — Des travaux antérieurs de l'auteur, effectués à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, ont montré une relation entre les orages magnétiques et les courants telluriques : tout se passe comme si ces derniers constituaient le phénomène primitif et, agissant sur l'aiguille aimantée conformément à la loi d'Ampère, étaient la cause directe des perturbations magnétiques. Il est vraisemblable toutefois que la matière interne du globe joue aussi, par ses propriétés magnétiques, un rôle dans les variations du champ terrestre. Pour préciser considérons à la surface de la terre un courant tellurique que, en vue de simplifier, nous supposerons circulaire. S'il existe au-dessous une couche magnétique d'épaisseur quelconque, les tubes d'induction créés par le courant seront déformés par la couche magnétique, et, comme le flux d'induction se conserve le long d'un même tube, ils auront une section plus faible dans la couche magnétique que dans l'air. A la sortie de la couche magnétique, c'est-à-dire à la surface du sol, la section de ces tubes dépendra donc des qualités magnétiques de la couche sous-jacente. En d'autres termes, les magnétomètres nous donneront une image plus ou moins fidèle de la perméabilité du globe. Il y a une autre conséquence : c'est que les indications des magnétomètres doivent être affectées par l'hystérésis de la couche magnétique sous-jacente. C'est ce point que l'auteur a cherché à élucider en discutant les courbes magnétiques enregistrées à Saint-Maur, et le résultat de cette discussion est que les particularités des courbes s'expliquent fort bien par une telle hystérésis.

VARIÉTÉS.

Précipitation électrostatique des fumées et des poussières; H.-N. Homes (*E. u. M.*), 13 avril 1913, p. 321. — Ce procédé imaginé par Cottrell consiste à produire une décharge silencieuse entre deux paires d'électrodes, une paire servant à ioniser les gaz et les corpuscules, l'autre paire créant un champ électrostatique qui précipite les corpuscules. Les électrodes excitatrices aussi bien que les électrodes collectrices sont alimentées sous 20 000 à 30 000 volts par du courant alternatif préalablement transformé en courant continu intermittent; elles sont constituées par des fils de fer isolés à l'amiante ou au mica. Chaque chambre d'épuration comprend 24 rangées de chacune 24 électrodes excitatrices et collectrices, reliées à des barres omnibus. Une fabrique de ciment de Portland, à Riverside, épure les gaz de ses fourneaux qui produisent journellement de 4 à 5 tonnes de poussières, en les faisant passer entre des éclateurs dont les pôles sont écartés de 50 à 150 mm. Ces éclateurs sont rangés dans une cuve de 3,5 m × 4,8 m de section et 6 m de longueur. L'appareil consomme 7 kw-h par jour; la fabrication de 5000 barils exigerait une dépense d'énergie de 75 kw-h par jour. Les usines électrométallurgiques de Raritan qui travaillent le cuivre utilisent aussi ce procédé pour précipiter les poussières d'or qui retombent dans les cuves à électrolyse. Dans l'industrie du gaz on commence à l'adopter pour arrêter les particules de charbon et de goudron qui bouchent les conduites et les brûleurs. Comme épurateur de gaz de hauts fourneaux alimentant des moteurs, le dispositif de M. Cottrell semble tout indiqué. Enfin des essais sont actuellement en cours d'exécution pour la précipitation du charbon entraîné par les fumées, à l'usine génératrice de Waterside, de la New-York Edison C°. Il y existe là 100 chaudières reliées à 4 cheminées de 100 m de hauteur et 6,5 m de diamètre. La vitesse des gaz est de 12 m : s et la tension appliquée aux électrodes est de 12 000 à 50 000 volts.

La galvanothérapie intensive à faible densité de courant; Hirtz (*C. R. Acad. Sc.*, 19 mai 1913, p. 1559-1561). — Les applications du courant galvanique sur le corps humain sont actuellement l'objet d'une technique spéciale bien définie adoptée par la majorité des électrothérapeutes. D'après cette technique, le courant continu, généralement sous une tension de 60 volts, est amené par des électrodes métalliques minces dont la surface totale est tout au plus de 500 cm². Dans de telles conditions l'intensité du courant ne peut être poussée que jusqu'à 50 ou 60 milliampères, très exceptionnellement à 100 milliampères, en raison des effets irritants pour la peau que produit une trop forte densité de courant. — M. Hirtz est parvenu à employer des courants beaucoup plus intenses, allant jusqu'à 300 milliampères dans certaines conditions, en remplaçant les électrodes métalliques par des électrodes en coton hydrophile enveloppé de gaze. Avec de telles électrodes, il est facile d'obtenir une surface de contact atteignant jusqu'à 2000 cm², de sorte que la densité de courant reste faible, et qu'on peut faire durer les séances jusqu'à 45 et 60 minutes sans qu'il en résulte aucun inconvénient. L'auteur a eu l'occasion d'appliquer cette méthode de galvanothérapie intensive à faible densité de courant sur plusieurs malades antérieurement traités par la méthode ordinaire à faible intensité et il a obtenu des résultats qui montrent nettement sa supériorité.

Les applications du gyroscope à l'art de l'ingénieur; Elmer-A. Sperry (*Journ. Franklin Institute*, mais 1913, p. 447-483). — Parmi les applications signalées qui intéressent le physicien, indiquons l'application du gyroscope aux boussoles marines. L'auteur s'étend assez longuement sur deux autres applications : la stabilisation des navires et la stabilisation des aérostats.

Dispositifs propres à assurer une marche silencieuse aux machines électriques; G. Pontecorvo (*E. T. Z.*, 15 mai 1913, p. 547-550). — On sait combien est désagréable le bourdonnement des machines en mouvement et sa suppression constituerait certainement un progrès appréciable. Dans ce but, certaines maisons de constructions comme la Société Westinghouse de Pittsbourg, ont annexé à leurs laboratoires d'essais une salle complètement fermée aux bruits extérieurs où l'on étudie spécialement les moteurs électriques au point de vue de leur ronflement. L'auteur distingue : 1° le ronflement magnétique qui commence à un léger chantonnement pour monter jusqu'aux notes les plus aiguës de la gamme. Il cite le cas d'un moteur d'induction qui faisait un tel vacarme qu'on l'entendait par dessus tout. En général ce bruit est insupportable et très perçant. Il proviendrait d'oscillations dans le circuit magné-

tique, oscillations qui seraient engendrées par un champ pulsatoire de très haute fréquence et qui agiraient dans une direction radiale, c'est-à-dire normale à l'arbre de la machine; 2° le bruit dû à la charge de la machine qui se distingue absolument du premier et est accompagné d'un mouvement oscillatoire de la machine. Il semble résulter d'une dissymétrie électrique et mécanique; quoi qu'il en soit, le son est toujours très grave et se manifeste le plus quand le moteur démarre sous charge, autrement dit, il croît avec la charge et s'éteint quand la machine tourne à vide, tandis que le ronflement magnétique et le sifflement des courants d'air sont à peu près constants en charge et à vide. 3° sifflement dû aux courants d'air que la partie tournante met en mouvement. Ce bruit parasite prend de nos jours une importance de plus en plus grande, par suite de la multiplication des canaux de ventilation à travers lesquels l'air est précipité, en rendant toutefois un son grave et encore supportable. Les moteurs d'induction à cage d'écureuil sont caractérisés par un sifflement très aigu qui provient de leur constitution propre. – L'auteur propose les remèdes suivants contres tous ces inconvénients. On étouffera les ronflements magnétiques en employant : un très grand nombre d'encoches n'ayant pas plus de 16 mm de largeur, un enroulement à pas raccourci, une faible saturation et une faible fréquence et des coins magnétiques pour fermer les encoches ouvertes. Il n'est pas avantageux de ne prendre que trois encoches par pôle et par phase. Pour les machines à courant continu, on entaillera les pièces polaires de façon que leur section soit une circonférence concentrique à l'induit et l'on arrondira les bords. Il sera également bon de répartir les encoches de telle sorte que l'une pénètre sous un pôle quand une autre le quitte. On atténuera le bruit résultant de la charge en équilibrant la machine tant au point de vue électrique que mécanique. Cette dernière condition dépend du tournage, centrage, etc., à l'atelier; la symétrie électrique exige un enroulement bien égal, c'est-à-dire même nombre d'encoches par pôle et par phase pour les alternateurs. Si, malgré ces précautions, les bruits persistent, une fois la machine montée, on les corrigera en reliant certains points par des joints équilibreurs et l'on donnera aussi une largeur plus grande à l'entrefer. Le sifflement provenant des courants d'air est le plus facile à éliminer soit en obturant partiellement les ouvertures des flasques et en diminuant la grandeur et le nombre des ailettes, soit en rendant la surface du rotor aussi lisse que possible, et en fermant extérieurement ou intérieurement les canaux de ventilation avec du presspahn ou un frettage formé de fils.

La conservation des bois; son importance en électrotechnique; Th. Wolff (*Helios Zeits.*, 20 avril 1913, p. 201-205). — Revue d'ensemble des différents procédés d'imprégnation appliqués à la conservation des bois, sujet traité longuement déjà dans *La Revue électrique;* nous n'emprunterons donc à cette étude que les rares renseignements qu'elle contient sur l'ignifugation des bois. La substance la plus employée est le silicate de potassium en solution; on en badigeonne le bois et il se sépare de l'acide silicique qui le protège longtemps contre tout danger d'inflammation; mais il faut appliquer plusieurs couches pour arriver à une immunisation vraiment efficace. Une bonne recette consiste à prendre : 35 pour 100 de silicate de potassium, 35 pour 100 de sulfate de baryum, 1 à 2 pour 100 de blanc de zinc et enfin 28 pour 100 d'eau; mais ce n'est pas la seule. La plupart cependant constituent un secret de fabrication. L'auteur fait grand état de l'imprégnation du bois par l'alun pour le rendre incombustible: ce procédé ne semble pourtant pas être appliqué. On a, en effet, remarqué que, lors de l'incendie de la fabrique d'alun de Muskau, le feu avait respecté toutes les poutres qui avaient été longtemps exposées aux vapeurs alunées.

Enduit protecteur pour pièces métalliques qui se meuvent dans l'eau (*Helios Zeits.*, 6 avril 1913, p. 860). — Cet enduit, fabriqué par Siemens et Halske, de Berlin, est déjà utilisé comme isolant sous le nom de «vernis au four». Il est constitué par de l'asphalte de goudron et des dissolvants convenables. On l'étend en couche mince sur les pièces métalliques que l'on cuit ensuite à 250°; à cette température, les dissolvants se volatilisent et il ne reste plus

que les parties minérales du vernis qui forment une couche mince et très égale. Après refroidissement la couche ressemble beaucoup à un émail. Elle n'est pas cassante et adhère si bien au métal qu'elle ne se décolle pas même sous l'effet du marteau. Ce procédé est encore applicable aux pièces qui doivent avoir un jeu de $\frac{1}{10}$ de millimètre, tels sont les disques de certains compteurs d'eau.

Les propriétés électriques du blanc d'œuf; E.-F. Northrup (*Journ. Franklin Institute*, avril 1913, p. 413-421). — L'origine de ce travail est une recherche sur les causes de la production de l'électricité par les animaux. En tentant de mesurer la résistance électrique d'un œuf frais au moyen de deux électrodes cylindriques pénétrant par les bouts, l'auteur a reconnu que l'œuf est le siège d'une f. é. m. de l'ordre du millivolt. Dans d'autres expériences le blanc d'œuf fut soumis à une différence de potentiel; elles montrèrent que l'albumine, bien que n'étant pas un électrolyte, donne lieu à une force contre-électromotrice de polarisation.

Sur l'écrouissage des métaux; M. Hanriot (*Technique moderne*, 1er mai 1913, p. 334-339). — Il n'existe pas de définition rigoureuse de ce qu'on doit entendre par écrouissage; la plus précise, qu'ait trouvée l'auteur, est : l'écrouissage est produit par l'élévation de la limite élastique due à un effort extérieur. Toutefois l'auteur préfère la suivante, qu'il propose : Est écroui, tout métal qui, par un recuit suffisant, subit une modification quelconque dans ses propriétés physiques, en dehors de toute transformation chimique. Comme propriété physique servant à évaluer l'écrouissage, M. Hanriot choisit la dureté, déterminée par la méthode de la bille de Brinnel. Toutefois, comme le nombre trouvé pour la dureté dépend, ainsi que de nombreux expérimentateurs l'ont constaté, de la pression exercée sur la bille, il faut préciser cette dernière pour évaluer la dureté. Mais si l'on caractérise le degré d'écrouissage (mais non sa mesure) par le rapport des duretés du métal considéré et du même métal complètement recuit, le résultat est indépendant de la pression exercée et de l'appareil employé, comme M. Hanriot s'en est assuré expérimentalement. M. Hanriot a appliqué cette méthode à l'écrouissage par compression de l'argent, cuivre, aluminium, fer, zinc, laiton, ainsi qu'à l'écrouissage par la lime. Il fait remarquer à ce propos que la lime passe pour ne pas écrouir les métaux, tandis qu'en réalité elle les écrouit fortement; seulement son action est purement superficielle, en sorte que les propriétés mécaniques sont à peine atteintes.

Étude géométrique des engrenages hélicoïdaux; P. Massot (*Revue de Mécanique*, 31 mars 1913, p. 209-254). — Les engrenages hélicoïdaux fournissent un moyen pratique de réaliser un rapport constant de vitesses angulaires entre deux arbres non situés dans un même plan. Ces engrenages ont l'inconvénient de donner lieu à des glissements considérables, et à de fortes réactions longitudinales sur les arbres. Leur rendement est donc assez faible et, par suite de l'exiguité des surfaces en contact, leur usure est rapide surtout au début. De plus, dans le mode de construction courante, ils ne résolvent qu'imparfaitement le problème de la transmission uniforme. Néanmoins, dans quelques cas, on les préfère aux engrenages coniques pour diverses raisons : leur construction ne nécessite pas de machine spéciale; leur montage est plus facile que celui des engrenages coniques, lesquels doivent avoir leur sommet au point de concours des axes; ils donnent moins de vibrations aux grandes vitesses, etc. Le tracé de ces engrenages n'ayant été considéré jusqu'ici que d'une manière incomplète ou même erronée, M. Massot consacre à ce sujet une étude approfondie qu'il termine par l'examen des conditions d'établissement pratique.

Machines à raboter les engrenages coniques sans gabarit (*Revue de Mécanique*, 31 mars 1913, p. 264-280). — De tous les procédés employés pour tailler les engrenages coniques, il n'en est guère que deux qui donnent des profils corrects aux dents en tous les points de leurs flancs : l'un consiste à faire usage de gabarits profilés exactement suivant les courbes à obtenir, l'autre à effectuer la taille au moyen d'un outil profilé qui engendre le contour de la dent par développement. L'article décrit deux machines nouvelles dans lesquels les outils sont guidés comme dans les machines à raboter les dents avec gabarit, mais où ce guidage ne nécessite cependant pas l'emploi d'un gabarit.

Règles relatives à la protection des bâtiments contre la foudre (*E. T. Z.*, 8 mai 1913, p. 538-541). — Ces règles ont été étudiées

par l'Elecktrotechnischen Verein, et doivent être communiquées et discutées à l'Assemblée annuelle du Verband Deutscher Elecktrotechniker qui se tiendra cette année à Breslau.

Indications sur la manière d'établir un tarif de vente de l'énergie électrique; W. von Winkler (*E. u. M.*, 13 avril 1913). — L'auteur est étonné que, dans l'institution d'un prix de vente du courant, on n'ait jamais observé une gradation qui tienne compte de l'époque de l'année, de l'heure du jour et de la nuit. On s'occupe uniquement des frais de production de l'énergie, soit des frais d'exploitation seuls, soit des charges financières totales. En réalité le prix établi d'après cette base devrait être multiplié par ce que l'on peut appeler « le coefficient de la demande », qui peut, suivant les cas être plus grand ou plus petit que 1. On le détermine en divisant les ordonnées du diagramme journalier par la charge moyenne horaire déduite de la production d'une année. Par exemple, une usine génératrice a fourni pour l'exercice d'une année 3 714 000 Kw : h; en admettant un fonctionnement de 8760 heures, cela donne une charge horaire moyenne de 425 kw. Les frais totaux de production de courant se sont élevés à 580 000 couronnes; d'où 16 hellers par kilowatt-heure fourni. Or les graphiques de l'usine donnent pour janvier et décembre des ordonnées qui ont pour valeur : aux heures d'éclairage 1675; le coefficient de la demande est alors $\frac{1675}{425} = 4$ environ; le courant se vendra alors pour cette période de la journée $4 \times 16 = 64$ hellers; en dehors des heures d'éclairage, pour les mêmes mois, 850; d'où $\frac{850}{425} = 2$ environ, le courant se vendra pour cette période $2 \times 16 = 32$ hellers. Bref, on aurait l'échelle des tarifs suivante : janvier et décembre (jour, 32 hellers; éclairage, 64; nuit, 15); octobre, novembre, février et mars (jour, 32 hellers; éclairage, 48; nuit, 13); avril à septembre (jour, 28 hellers; éclairage 38,5; nuit, 11). Pour réaliser un bénéfice net de 10 pour 100, on vendra le courant d'éclairage (au moins l'hiver), 70 hellers; le courant de jour, 36 hellers et le courant de nuit, 12 hellers. Ces règles ne sont pas absolues et souffrent quelques tempéraments surtout pour les usines qui ont à lutter contre la concurrence d'industries qui produisent l'énergie sous une autre forme.

La participation aux bénéfices; ses méthodes pratiques dans l'industrie moderne; Maurice Bellom (*Technique moderne*, 1er mai 1913, p. 329-334). — La participation aux bénéfices est un des procédés les plus discutés à l'heure actuelle : les uns y voient la solution des conflits du capital et du travail; les autres la considèrent comme dangereuse par les contestations qu'elle risque de soulever et par les déceptions qu'elle peut ménager, soit aux ouvriers qui escomptaient des allocations plus élevées, soit aux chefs d'entreprises qui se flattaient de conquérir par des sacrifices volontaires la gratitude et, par suite la sympathie de leur personnel. En raison de l'importance actuelle de la question M. Bellom en donne un exposé à la fois très clair et très complet. Il examine tout d'abord la *base de la répartition*. Cette base est généralement le salaire : la répartition est proportionnelle au salaire (appliquée dans des fonderies, des constructions mécaniques telles que Caillard et Cie, au Hâvre, Piat, à Soissons; des imprimeries telles que Chaix, Mame; des banques, etc.) La répartition peut être proportionnelle à l'ancienneté (fonderie de bronze Muller et Roger, à Paris); proportionnelle au salaire et à l'ancienneté (fabrique de cartonnages Bergeron, à Paris; instruments de précision Bréguet, à Paris; Compagnie du Canal de Suez); proportionnelle au salaire et à l'importance ou la valeur des services ou des fonctions (entreprise de matériaux de construction Fouquet, à Caen). Mais on peut également tenir compte de la production individuelle, des actes de prévoyance (versements effectués dans une caisse d'épargne, par exemple) que l'ouvrier a spontanément accomplis, de la situation de famille (célibataire ou marié). Enfin la répartition peut être entièrement subordonnée à l'appréciation patronale. Le *taux de la participation* est généralement fixé à l'avance. Le plus souvent la part est calculée en pour 100 des bénéfices nets; le pourcentage est de 50 pour 100 dans les entreprises Leclaire et Laroche-Joubert; plus élevé encore dans l'entreprise Godin, mais en général il est de 10 pour 100. La part peut être déterminée d'après les salaires payés (10 pour 100 dans l'imprimerie Mame, à Tours et dans la Société des Chemins de fer économiques; 20 pour 100 au Secteur électrique de la Place Clichy, etc.). Elle peut être fixée d'après le montant des ventes ou

produit net; d'après les réductions obtenues, grâce à un travail soigné, etc. L'*emploi de la participation* est effectué suivant deux systèmes : dans l'un, les parts sont allouées individuellement aux intéressés; dans l'autre elles sont allouées à la collectivité des intéressés. Dans le premier système ou bien les parts sont payées en espèces, ou bien tout ou partie de ces parts est réservé pour l'avenir (capitalisation sur livret individuel, constitution de rentes viagères, acquisition de fractions de l'entreprise). Dans le cas de la participation collective les fonds sont affectés à l'alimentation d'un fond collectif de secours et de prévoyance. La *gestion* des fonds produits par la participation comporte la détermination du mode de placement, et d'autre part, la réglementation concernant l'ensemble des opérations de la participation. Tantôt les fonds sont déposés en comptes-courants dans l'entreprise; tantôt ils sont employés en valeurs de tout repos, tels que rentes sur l'État ou obligations de chemins de fer; tantôt ils sont versés à la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse ou dans une Compagnie d'assurances pour constituer des pensions de retraite à capital aliéné ou à capital différé. La réglementation de la participation comporte de nombreuses variantes suivant la nature même de la participation. En terminant M. Bellom examine comment doit se produire l'*intervention législative* dans la participation aux bénéfices. Il est d'avis que cette participation ne doit pas être rendue obligatoire, et que le législateur doit se borner à prendre certaines mesures propres à favoriser l'extension de cette participation.

L'électricité est, d'après le Conseil d'État, un mode d'éclairage préférable au gaz; Paul Bougault, avocat à la Cour d'Appel de Lyon (*Lumière électrique*, 6 mai 1913, p. 148-152). — La ville d'Angers avait signé, avec une Compagnie gazière, à la date du 24 juin 1879, un contrat dans lequel il était dit (article 8) : « En cas de découverte d'*un mode préférable* à l'éclairage par le gaz extrait de la houille, *la Société sera mise en demeure de l'employer.* » Le 18 mars 1899, la Compagnie du Gaz recevait un acte extrajudiciaire, lui faisant connaître que le Conseil municipal d'Angers avait adopté un cahier des charges relatif à la lumière électrique; la Société y répondit en se déclarant prête à substituer l'éclairage électrique à l'éclairage au gaz, mais par esprit de transaction, déclarant au surplus, inacceptables les conditions inscrites au cahier des charges et faisant des réserves sur le caractère obligatoire de l'article 8. Ce fut alors un chassé-croisé de papiers timbrés : protestations de la Compagnie du Gaz en faveur de sa bonne volonté, réponses de la Ville sous forme de sommation à faire la distribution aux conditions offertes, jusqu'à ce que, de guerre lasse, la Ville concédât l'éclairage par l'électricité à une Société qui acceptait les conditions indiquées. Un procès engagé par la Compagnie du Gaz devant le Conseil de Préfecture de Maine-et-Loir donna lieu à un arrêt où il était dit : « Des documents de la cause il résulte que la Compagnie du Gaz a considéré comme *préférable* la lumière électrique, mais tout en la déclarant préférable, elle n'en a pas fait la distribution; donc elle n'a pas le droit de se plaindre. » Le Conseil d'État, dans un arrêt rendu le 7 mars dernier, a cassé cet arrêt du Conseil de Préfecture, non pour le fond, mais à cause d'un petit fait sans conséquence théorique bien importante : c'est que la Compagnie du Gaz tout en considérant comme préférable la lumière électrique faisait des réserves sur les conditions imposées par la Ville et prétendait que ces conditions étaient si onéreuses que la Société d'électricité les a trouvées elle-même si peu acceptables que « par des modèles de police type habilement rédigés, elle a arrondi les angles, limité les aspérités et rendu acceptable une situation qui ne l'était pas, telle qu'elle résultait du cahier des charges. » Pour cette raison le Conseil d'État a décidé qu'avant dire droit, il serait procédé à une expertise. Mais le Conseil d'État n'en a pas moins reconnu que la lumière électrique, quand on ne parle pas exclusivement du prix de revient, correspond à une distribution « préférable à tout autre mode ».

Les travaux de la Commission électrotechnique internationale, à l'Assemblée tenue à Paris en mars 1912 (*E. u. M.*, 16 mars 1913, p. 232-234).

Historique du développement de l'électrotechnique de 1883 à 1913 (*E. u. M.*, 16 mars 1913, p. 225-232).

ANCIENNE MAISON MICHEL & CIE

COMPAGNIE POUR LA

Fabrication des Compteurs

ET MATERIEL D'USINES A GAZ

Société Anonyme : Capital 8 000 000 de Francs.

PARIS — 16 et 18, Boulevard de Vaugirard — PARIS

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

MODÈLE B	pour Courants continu et alternatif.
H G A MERCURE	pour Courant continu.
O' K	pour Courant continu.
A. C. T.	pour Courants alternatif, diphasé et triphasé.

Compteurs suspendus pour Tramways.
Compteurs sur marbre pour tableaux. — Compteurs astatiques.
Compteurs à double tarif, à indicateur de consommation maxima, à dépassement.
Compteurs pour charge et décharge des Batteries d'Accumulateurs.
Compteurs à tarifs multiples (Système Mähl). — Compteurs à paiement préalable (Système Berland).

A. C. T. III.

Adresse télégraphique
COMPTO-PARIS



Téléphone
708.03 - 708.04



APPAREILS DE MESURES

Système MEYLAN-d'ARSONVAL

INDICATEURS & ENREGISTREURS pour courant continu et pour courant alternatif, thermiques et électromagnétiques.
Appareils à aimant pour courant continu.
Appareils Indicateurs à Cadran lumineux.
Fluxmètre Grassot, Ondographe Hospitalier. Boîte de Contrôle.

Voltmètres - Ampèremètres - Wattmètres

Exposition Internationale des Industries et du Travail de Turin 1911 :
GRAND PRIX.

BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin (H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.), 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

452368. Société Le matériel téléphonique. — Système de réseau téléphonique.

452415. Société Vickers Ltd. — Perfectionnements aux appareils électriques servant à transmettre et à recevoir des signaux, 26 décembre 1912.

452467. Duroquier. — Sélecteur appareil d'accord et de réglage pour circuits de réception de télégraphie et de téléphonie sans fil, 28 décembre 1912.

452530. Dannenberg. — Enveloppe préservatrice pour récepteurs ou transmetteurs téléphoniques, 30 décembre 1912.

452540. Société Automatic electric C°. — Système téléphonique automatique ou semi-automatique, 7 septembre 1912.

452542. Société Automatic electric C°. — Système téléphonique à code d'appel.

16960/431764. Le matériel téléphonique. — Système de signaux et de sélecteurs pour lignes partagées.

16961/431764. Le matériel téléphonique. — Système de signaux et de sélecteurs pour lignes partagées.

16968/452366. Le matériel téléphonique. — Perfectionnements dans les télégraphes imprimeurs.

452350. Société A.-G. Brown-Boveri C°. — Régulateur automatique des moteurs à répulsion, 24 décembre 1912.

452360. Déri. — Dispositif de commutation pour dynamos, 18 juin 1912.

452362. Morrison. — Installation de force motrice pour automobiles et autres applications, 27 septembre 1912.

452376. Firme Robert Bosch. — Dispositif pour la régulation automatique des machines électriques, 4 décembre 1912.

452445. Dusseris. — Dispositif de commande de la rotation de pièces à déplacements successifs automatiques, 27 décembre 1912.

452493. Mascord. — Perfectionnements dans la distribution de la puissance électromotrice, 28 décembre 1912.

452523. Siemens Schuckert Werke A.-G. — Induit à cage d'écureuil pour moteurs à induction à courants alternatifs, 30 décembre 1912.

452525. Japy frères et Cie. — Appareil de démarrage pour moteur monophasé avec rhéostat, 30 décembre 1912.

452320. Cathiard. — Dispositif électrique à action différée, 4 mars 1912.

452327. Leduc. — Interrupteur commutateur à inverseur de courant à combinaison, 30 novembre 1912.

452349. Société anonyme Westinghouse. — Perfectionnements apportés aux redresseurs de courant, 24 décembre 1912.

452438. Kaisser. — Interrupteur commutateur, 27 décembre 1912.

452460. Société anonyme Westinghouse. — Dispositif de sécurité pour redresseurs de courant, 27 décembre 1912.

452524. Société Japy frères et Cie. — Disjoncteur avec rhéostat de démarrage pour courant diphasé, 30 décembre 1912.

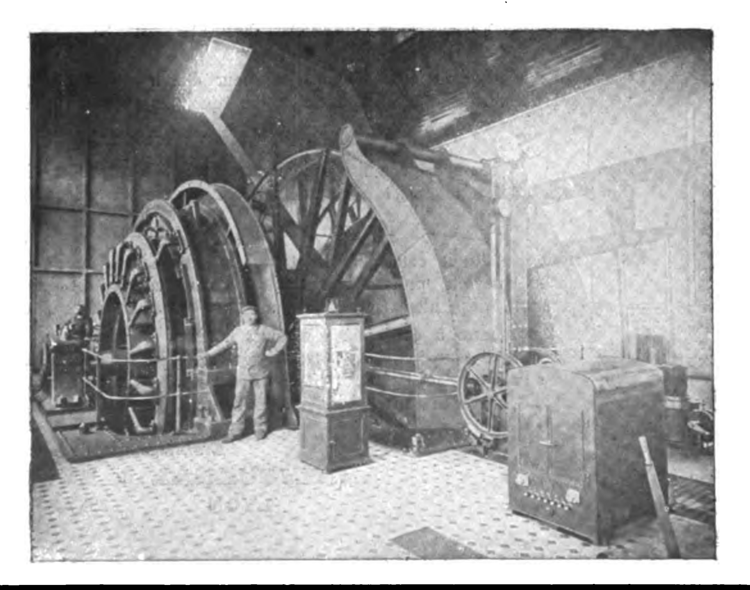
452562. Hulbert. — Perfectionnements apportés aux régulateurs d'appareils électriques, spécialement pour vulcanisateurs, 10 décembre 1912.

16971/451983. Krasnikoff et Meissner. — Appareil électrique pour transmettre l'écriture, etc., 17 décembre 1912.

452447. Siemens et Halske A.-G. — Procédé pour produire un dégagement progressif de gaz ou de vapeurs en petites quantités dans des ampoules complètement fermées et sous l'action d'une source de chaleur ou de lumière, 27 décembre 1912.

452472. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Perfectionnement aux lampes à incandescence, 28 décembre 1912.





BREVETS D'INVENTIONS (*Suite et fin*).

452473. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Perfectionnement aux lampes à incandescence, 28 décembre 1912.

452628. Resek. — Block-system destiné aux voies électriques et plus spécialement aux voies électriques, 22 novembre 1912.

452652. Jensen. — Dispositif pour appareils à signaux et appareils de commande, 17 août 1912.

452654. Société Brandon frères. — Poste de téléphonie et de télégraphie de campagne, 19 octobre 1912.

452685. Compagnie du Chemin de fer Métropolitain de Paris. — Poste téléphonique avec annonciateurs multiples et sonnerie unique, 12 mars 1912.

452733. Soldatencow. — Clavier à commande électromagnétique pour appareils perforateurs destinés à la perforation des bandes de papier utilisées, par exemple, en télégraphie, 16 mars 1912.

452744. Société Automatic electric C°. — Système téléphonique, 5 novembre 1912.

452751. Société Automatic electric C°. — Système téléphonique, 5 novembre 1912.

452695. Court. — Dispositif d'avance automatique pour magnétos, 14 mars 1912.

452761. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Collecteur pour dynamos et moteurs électriques à grande vitesse angulaire, 31 décembre 1912.

452762. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Perfectionnements aux dynamos d'éclairage des voitures automobiles, 31 décembre 1912.

452763. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Disposition des éléments de réglage d'une dynamo d'éclairage d'automobile, 31 décembre 1912.

452764. Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Perfectionnements aux inducteurs de dynamos électriques, 31 décembre 1912.

16999/427631. Fuss. — Rhéostat régulateur automatique pour machines électriques, 5 décembre 1912.

452781. Haefely. — Borne de sortie ou de traversée pour haute tension avec isolateur en papier durci, 31 décembre 1912.

452801. Société anonyme Westinghouse. — Perfectionnement aux coupe-circuit électriques, 31 décembre 1912.

452766. Otway. — Porte-réflecteur pour lampes électriques, 31 décembre 1912.

452816. Les frères Bréguet et Cie. — Téléphone automatique à prépaiement, 3 janvier 1913.

452023. Block. — Pavillon désinfectant pour téléphones et appareils analogues, 10 janvier 1913.

453024. Dispositif de désinfection pour téléphones et appareils semblables, 10 janvier 1913.

452820. Leitner. — Perfectionnements dans les dynamos à vitesse variable, 2 janvier 1913.



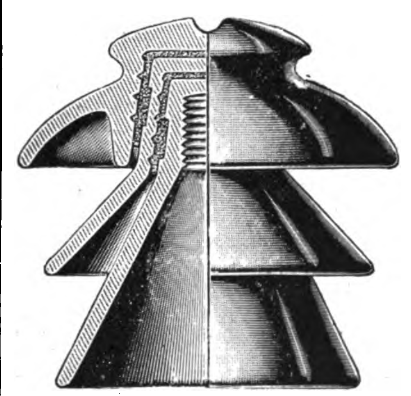
Nouvelles sociétés. — *Société électro-industrielle de Chorges* (Hautes-Alpes). — Siège social à Chorges. Capital : 75 000 fr. Durée : 40 ans.

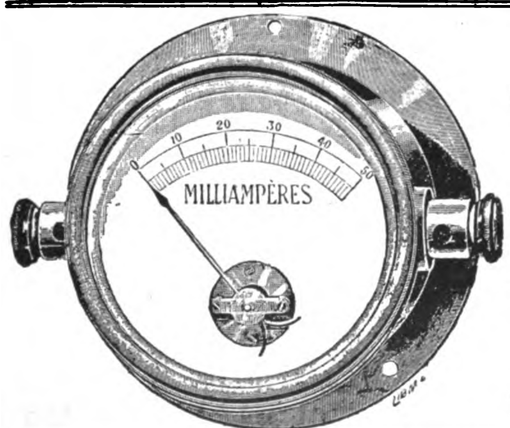
Société d'études, d'entreprises et d'exploitations coloniales. — Siège social : 11 *bis*, rue de Maubeuge, Paris. Capital : 50 000 fr. Durée : 30 ans.

Compagnie d'électricité d'Ivoy-le-Pré (Cher). — Siège social à Ivoy-le-Pré. Capital : 20 000 fr. Durée : 40 ans.

Société des forces motrices du Bréda et de la Grande-Valloire. — *Siège à Lancey* (Isère). — Capital : 1 100 000 fr. Durée : 40 ans.

Électrique de Touraine. — Capital : 150 000 fr. Siège social : 88, boulevard Heurteloupe, Tours. Durée : 41 ans.





CHRONIQUE FINANCIÈRE & COMMERCIALE.

Nouvelles sociétés. — *Société électro-industrielle de Chorges* (Hautes-Alpes). — Siège social à Chorges. Capital : 75 000 fr. Durée : 40 ans.

Société d'études, d'entreprises et d'exploitations coloniales. — Siège social : 11 *bis*, rue de Maubeuge, Paris. Capital : 50 000 fr. Durée : 30 ans.

Compagnie d'électricité d'Ivoy-le-Pré (Cher). — Siège social à Ivoy-le-Pré. Capital : 20 000 fr. Durée : 40 ans.

Société des forces motrices du Bréda et de la Grande-Valloire. — *Siège à Lancey* (Isère). — Capital : 1 100 000 fr. Durée : 40 ans.

Électrique de Touraine. — Capital : 150 000 fr. Siège social : 88, boulevard Heurteloupe, Tours. Durée : 41 ans.

Importante Compagnie d'Électricité
cherche
pour un grand réseau de distribution en province

INGÉNIEUR

ayant expérience des **STATIONS CENTRALES** et **LIGNES A HAUTE TENSION.** Appointements suivant capacité, logement, chauffage, éclairage.

SITUATION D'AVENIR

Écrire à l'Administration du Journal, initiales M, N, O, P.

INGÉNIEUR-ÉLECTRICIEN

connaissant l'anglais et l'allemand, désire emploi — de préférence dans un office de brevets —

S'adr. à " Ingénieur " 12, Quex Road, Kilb. London N. W.

Important réseau du Sud-Ouest demande

JEUNE INGÉNIEUR

au courant de la branche **APPAREILLAGE,** pour le service de la clientèle d'éclairage et force motrice.

Écrire avec références au n° **926,** à la Librairie Gauthier-Villars.

A VENDRE
FONDS D'ÉLECTRICITÉ

Bien situé :: Grande voie.

:: :: Applications Générales :: ::
Installation, Réparation, Entretien.
Sonnerie, Lumière, Téléphone.
:: :: Transport de Force :: ::

Loyer avantageux. Affaires, 35 000 fr. Prix, 20 000 fr.

S'adresser au Syndicat des Usines d'Électricité,
27, rue Tronchet, Paris.

INDUSTRIEL

disposant de

Force Motrice Hydraulique importante

d'une eau pure et très abondante

de 1200 mètres carrés de bâtiments couverts, disposés sur un hectare de terrain, et pouvant encore disposer de 6 hectares de terrain attenants, entrerait en relations avec ingénieurs, offrant références sérieuses, et voulant présenter projet complet d'industrie quelconque mais rénumératrice.

S'adresser au Syndicat des Usines d'Électricité,
27, rue Tronchet, Paris.

Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée

CARTES d'EXCURSIONS

(1re, 2e et 3e classes. Individuelles ou de famille)

dans le Dauphiné, la Savoie, le Jura, l'Auvergne et les Cévennes

Émission dans toutes les gares du réseau, du 15 juin au 15 septembre

Ces cartes donnent droit à :

La libre circulation pendant 15 ou 30 jours sur les lignes de la zone choisie.

Un voyage aller et retour, avec arrêts facultatifs, entre le point de départ et l'une quelconque des gares du périmètre de la zone. Si ce voyage dépasse 300 kilomètres, les prix sont augmentés pour chaque kilomètre en plus de 0 fr. 065 en 1re classe, 0 fr. 045 en 2e classe, 0 fr. 03 en 3e classe.

Les cartes de famille comportent les réductions suivantes sur les prix des cartes individuelles : 2e carte, 10 %; 3e carte, 20 %; 4e carte 30 %; 5e carte, 40 %; 6e carte, 50 %.

La demande de cartes doit être faite sur un formulaire (délivré dans les gares) et être adressée, avec un portrait photographié de chacun des titulaires, à Paris : 6 heures avant le départ du train, 3 jours à l'avance dans les autres gares.

LES ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE DELLE

(Procédés Sprecher et Schuh)

demandent pour leur *Service Commercial* plusieurs

BONS INGÉNIEURS

AYANT DE LA PRATIQUE

Adresser les offres détaillées, : 30, boulevard de Strasbourg, Paris

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Redon (Ille-et-Vilaine). — Des propositions auraient été présentées au Conseil municipal pour l'installation d'une distribution d'énergie électrique.

Serqueux (Haute-Marne). — La Municipalité aurait engagé des pourparlers pour l'installation de l'éclairage électrique.

V 'civiers (Puy-de-Dôme). — Le Conseil municipal a, paraît-il, accordé la concession de l'éclairage électrique à M. Chapuy.

Courpalay (Seine-et-Marne). — Le Maire aurait été chargé par le Conseil de négocier avec la Compagnie du Gaz et de l'Électricité de Melun.

La-Begude-de-Mazenc (Drôme). — La Municipalité serait en pourparlers avec la Société de distribution d'énergie électrique pour l'installation d'un réseau de distribution.

Fécamp. — Le Conseil municipal aurait accordé la concession de l'éclairage électrique pour 40 ans à Mme Alexandre Legros.

Châlon-sur-Marne (Marne). — Le Conseil municipal étudie paraît-il, un cahier des charges pour une distribution d'énergie électrique.

Coutainville (Manche). — On annonce qu'une station électrique sera construite à Coutainville pour distribuer l'énergie électrique dans cette localité et les communes environnantes.

Nemours (Seine-et-Marne). — Le Conseil municipal aurait nommé une Commission pour étudier un projet de distribution d'énergie électrique.

Bourdeilles (Dordogne). — MM. Mitaud et Veyry auraient été chargés d'installer l'éclairage électrique dans cette commune.

Foix (Ariège). — On annonce que le Conseil municipal aurait décidé de faire appel aux concessionnaires éventuels pour l'installation de l'éclairage électrique avant de recourir à l'adjudication.

Saint-Denis (Seine). — Le Conseil municipal aurait été appelé à examiner le projet de concession à passer entre la ville et la Compagnie électrique du Secteur de la Rive gauche pour la distribution de l'énergie électrique.

Gennevilliers (Seine). — La Municipalité aurait accepté la proposition du Nord-Lumière concernant l'installation de la lumière électrique.

Saint-Chef (Isère). — On annonce que l'éclairage électrique sera installé sous peu dans cette localité.

Valros-la-Place (Hérault). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique.

Pont-de-Salars (Aveyron). — M. Baulez aurait été nommé concessionnaire de l'éclairage électrique.

Vitry-le-François (Marne). — Des pourparlers seraient engagés entre la Municipalité et la Compagnie du Gaz dans le but d'installer l'éclairage électrique dans la ville.

Chorges (Hautes-Alpes). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique à Chorges.

Champigny (Seine). — Une Commission aurait été nommée pour étudier le projet d'éclairage électrique.

Ailly-le-Haut-Clocher (Somme). — Il est question, paraît-il, d'installer l'éclairage électrique dans cette commune.

Roucq (Nord). — L'Énergie électrique du Nord de la France aurait obtenu la concession de la distribution de l'énergie électrique pour tous usages autres que l'éclairage public et privé dans la commune.

La Noue-Beauvais (Marne). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans cette commune.

La Capelle-Marival (Lot). — On annonce que cette commune sera éclairée à l'électricité par les soins de l'usine de Terron.

Vernon (Eure). — La Compagnie générale française d'éclairage aurait été nommée concessionnaire de l'éclairage électrique de la ville de Vernon.

Courbevoie (Seine). — Une enquête serait ouverte sur le projet de distribution d'énergie électrique présenté par la Compagnie électrique du Secteur de la Rive gauche.

Marseillan (Hérault). — L'éclairage électrique doit, paraît-il, être installé sous peu dans la commune.

Laval (Mayenne). — On annonce que l'usine à gaz aurait l'intention d'installer l'éclairage électrique dans cette ville.

Agonac (Dordogne). — La Compagnie d'électricité de Limoges a, paraît-il, proposé à la Municipalité d'installer l'éclairage électrique.

Blaye (Gironde). — Une enquête serait ouverte sur le projet de concession de distribution d'énergie électrique.

Simard (Saône-et-Loire). — Le Conseil municipal aurait voté l'installation de l'éclairage électrique.

Romenay (Saône-et-Loire). — Une Commission municipale a été chargée d'étudier différentes propositions relatives à l'installation de l'éclairage électrique.

Saint-Gratien (Seine-et-Oise). — La Municipalité aurait mis à l'étude le projet de distribution d'énergie électrique soumis par la Société le Triphasé.

Juvigny (Haute-Savoie). — Il serait question d'installer la lumière électrique dans cette commune.

Neuville-en-Ferrain (Nord). — MM. Devengle ont, paraît-il, présenté une demande de concession de la fourniture de l'énergie électrique.

Saint-Pierre-sous-Dives (Calvados). — Le projet d'installation de l'éclairage électrique est actuellement à l'étude.

Saint-Vallier (Côte-d'Or). — Le Conseil municipal aurait accepté le traité présenté par la Société l'Énergie électrique de la Côte-d'Or pour l'éclairage électrique de la commune.

Langres (Haute-Marne). — La Société bourguignonne aurait fait des offres pour l'installation de l'éclairage électrique et la fourniture de la force motrice.

DIVERS.

Académie des Sciences. — Dans sa séance du 19 mai, l'Académie a procédé à l'élection d'un membre de la section des académiciens libres, en remplacement de M. Louis Caillet, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 52, M. André Blondel a obtenu 38 suffrages; M. Arnaud de Gramont, 11; MM. Paul Janet et Maurice d'Ocagne chacun 2 suffrages; MM. Désiré, André et Georges Claude, chacun 1 suffrage.

M. André Blondel, ayant réuni la majorité des suffrages, a été proclamé élu.



BIBLIOGRAPHIE.

Atti del Congresso internazionale delle Applicazioni elettriche. Tomes I et III. 2 volumes, format 28 cm × 19 cm 190 et 964 pages. Vincenzo Bona, imprimeur, Turin.

Nous avons déjà signalé la publication du Tome II; les deux Tomes qui viennent de nous parvenir (fin avril) complètent cette publication.

Le Tome I contient les listes des membres du Comité d'organisation, des délégués au Congrès par les Sociétés techniques italiennes et étrangères, des membres du Congrès (482), des souscripteurs (pour un total de 51 330 fr; le règlement du Congrès; les procès-verbaux des séances; les comptes de recettes et dépenses (72 046,80 fr).

Le Tome II était consacré aux rapports et communications présentés aux trois premières Sections ainsi qu'aux discussions auxquelles ils ont donné lieu. Le Tome III renferme les matières relatives aux cinq autres Sections : Éclairage et Chauffage électriques; Traction et Propulsion; Télégraphie et Téléphonie; Accumulateurs, Électrochimie, Électrométallurgie; Tarification, Réglementation et Législation de l'énergie électrique.

Nouvelle théorie et calcul des roues-turbines. Turbines à eau et à vapeur, pompes et ventilateurs centrifuges, turbo-compresseurs, ventilateurs hélicoïdes, hélices, par le Dr Hans Lorentz, professeur de mécanique à l'École technique supérieure de Dantzig; traduit sur la deuxième édition allemande, par H. Espitallier, ingénieur, licencié ès sciences, et H. Strehler, ingénieur aux Usines de Roll (Clus). Un vol., format 25 cm × 16 cm, 312 pages, 121 figures. H. Dunod et Pinat, éditeurs, 47, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : broché, 12,50 fr; cartonné, 14 fr.

Après la publication en français des Ouvrages de Stodola consacrés aux turbines à vapeur et de Zeuner traitant surtout de l'hydraulique, il a paru utile de mettre entre les mains de nos compatriotes la traduction de l'Ouvrage où le professeur H. Lorenz expose une théorie toute générale des roues-turbines envisagées dans l'ensemble de leurs multiples applications.

Les traducteurs ont été confirmés dans ce dessein par la pénurie actuelle de notre bibliographie, non pas certes en savants travaux épars dans les périodiques, mais en Ouvrages didactiques condensant l'étude des différents problèmes que pose l'application de l'écoulement des fluides à la mécanique pour en former un corps de doctrine.

Le Livre du professeur H. Lorenz a paru mieux que tout autre, susceptible de combler cette lacune, tant par la portée générale de sa méthode et le lien naturel qu'il établit entre la théorie mathématique du mouvement des fluides et l'hydraulique appliquée, que par le nombre d'exemples pratiques qu'il traite.

Cette traduction a été faite sur la deuxième édition allemande, notablement plus développée que la première; elle comprend en outre un appendice sur les roues à frottement de Tesla et de Gæde. Cette question, étudiée par le professeur Lorenz dans le *Zeitschrift f. d. ges. Turbinenwesen*, était intéressante à traiter, non pas tant en vue de l'application pratique, assez problématique d'ailleurs de ce genre de roues, que comme application de la théorie exposée dans l'Ouvrage.

Descrizione di una machinetta elettromagnetica del Antonio Pacinotti. Une plaquette, 22 cm × 15 cm, 95 pages 1 planche et un portrait de Pacinotti. Publié par l'Associazione elettrotecnica Italiana, avec le concours du Ministère della publica Istruzione.

L'Association électrotechnique italienne en publiant cette plaquette a voulu honorer la mémoire du savant italien Antonio Pacinotti, décédé l'an dernier. Déjà en 1911, lors du Congrès international des Applications de l'électricité, une manifestation avait été organisée en l'honneur de Pacinotti. Cette manifestation a été signalée dans le numéro de *La Revue électrique* du 29 septembre 1911, dans le compte rendu du Congrès.

C'est en 1860 que Pacinotti fit construire, pour le compte du cabinet de Physique technologique de l'Université de Pise, un modèle de la machine électromagnétique imaginée par lui. Ce ne fut toutefois qu'en 1865 que sa description fut donnée par Pacinotti dans le fascicule du *Nuovo Cimento* portant la date de juin 1864, mais dont la publication n'eut lieu que le 3 mai 1865. C'est cette description que reproduit la plaquette. L'original italien est suivi d'une traduction en français, faite par M. Paul Janet, d'une traduction en anglais due à M. S.-P. Thompson, d'une autre en allemand dont s'est chargé M. Gisbert Kapp, enfin d'une traduction en latin de M. P. Rasi.

La télégraphie sans fil, la Télémécanique et la Téléphonie sans fil à la portée de tout le monde, par E. Monier, ingénieur des Arts et Manufactures. Préface de E. Branly, membre de l'Institut. 7e édition. Un volume, format 19 cm × 12 cm, 242 pages, 35 figures. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix : broché, 2,50 fr.

Nous avons eu l'occasion de signaler quelques-unes des précédentes éditions de cet intéressant Livre de vulgarisation. La nouvelle édition a été mise au courant des plus récents progrès par de nombreuses additions, et nous y trouvons la description des systèmes à étincelles musicales, des dispositifs préconisés pour assurer la direction des ondes, des phares hertziens qui ont été érigés sur le littoral, etc. Un Chapitre spécial est consacré à la station définitive de la Tour Eiffel qui est devenue la plus puissante du monde grâce à la hauteur de ses antennes et à la bonne disposition de ses appareils.

Ainsi mise au niveau cette nouvelle édition ne peut manquer de rencontrer auprès du grand public la faveur qui a accueilli les éditions antérieures.

LITTERATURE DES PÉRIODIQUES [1]

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Force motrice. — *L'indicateur à diagramme continu, système Wallace*; Marc Vezout. (*Revue industrielle*, 7 juin 1913, p. 309-312). — On admet en général que le diagramme ordinaire d'un indicateur de Watt mesure le travail effectué par le piston d'une machine pendant deux demi-courses ou un tour complet de l'arbre. Mais en fait le diagramme représente le travail effectué sur une face seulement du piston pendant un tour de l'arbre. Pour déterminer le travail exact effectué, il est indispensable de relever simultanément des diagrammes sur les deux faces. Celà même ne suffit pas, quand on désire connaître le travail effectué pendant une certaine révolution de l'arbre ou pendant une certaine course du piston dans un intervalle de temps donné. Il faut alors relever les diagrammes des deux faces du piston, non seulement simultanément, mais aussi d'une manière continue pendant toute la période considérée. Il faut également que ces diagrammes soient enregistrés de telle manière que le diagramme marqué à tout instant sur l'une des faces du piston soit coordonné avec le point du diagramme correspondant au même instant à l'autre face du piston. Au moyen de cette combinaison on pourra obtenir des diagrammes strictement concordants et dont l'intérêt est évident à première vue pour les moteurs à gaz, les machines à vapeur actionnant les laminoirs, les machines à vapeur d'extraction, etc. — L'indicateur Wallace permet d'obtenir des diagrammes de ce genre. Il comprend un tambour magasin portant un rouleau de papier d'une trentaine de mètres de longueur et un tambour spécial à cliquet qui doit être monté à la place du tambour ordinaire. Ce dernier est actionné comme d'habitude par le mouvement de la machine, mais il ne tourne que dans un sens, entraînant la bande de papier du tambour magasin pour l'enrouler sur lui-même. Il en résulte que le papier enregistreur se meut dans une seule direction d'une manière continue et avec une vitesse proportionnelle à chaque instant à celle du piston de la machine. Sur le papier s'appuient les styles de deux indicateurs donnant les pressions de chaque côté du piston. Un dispositif enregistreur de course inscrit sur la bande de l'indicateur chaque renversement de sens du mouvement du piston de la machine. On a prévu de plus un dispositif électrique ou mécanique pour l'enregistrement du temps.

Usines génératrices. — *Usine génératrice pour l'éclairage équipée de moteurs à aspiration* (*E. u. M.*, 4 mai 1913, p. 393. — A Mont-sur-Marchienne (Belgique), l'éclairage électrique est assuré par 720 lampes à incandescence qui sont alimentées par une usine génératrice possédant deux moteurs à aspiration de 100 chevaux; ceux-ci entraînent, par courroie, deux dynamos shunt de 70 kw, et ils seront bientôt renforcés par un troisième groupe de 200 chevaux, ressortissant comme eux au type Bollincks que construisent les Ateliers de Constructions électriques de Charleroi. Ce sont des moteurs horizontaux à simple effet et à quatre temps pourvus d'un allumage Bosch, d'un régulateur d'admission, d'un système de refroidissement par l'eau et d'un démarreur à air comprimé. Leurs constantes sont : alésage du cylindres 460 mm; course du piston, 850 mm ; vitesse, 170 t : m, à la puissance normale 100 chevaux ; puissance maximum, 110 chevaux. Les dynamos qui donnent 500 volts à la vitesse de 700 t : m ont un rendement de 91,8 pour 100 à pleine charge et de 88 pour 100 à demi-charge. Pour les essais de puissance et de consommation, on a tablé sur un rendement des courroies de 97 pour 100 à pleine charge et 95 pour 100 à demi-charge. Le charbon employé contenait 9 pour 100 de substances volatiles, et 6 pour 100 de cendres; 1 kg doit théoriquement vaporiser 12,68 kg d'eau. En surcharge pendant 30 minutes, on a constaté : 169 t : m, 125,7 chevaux pour le moteur, température de l'eau à la sortie du réfrigérant 60°, diminution de pression au scrubber 80 mm, puissance de la dynamo 81,6 kw. A pleine

(1) Abréviations employées pour quelques périodiques : *E. K. B.* : *Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen*, Berlin. — *E. T. Z.* : *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin. — *E. u. M.* : *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienne. — *J. I. E. E.* : *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Londres — *P. A. I. E. E.* : *Proceeding of the American Institute of Electrical Engineers*, New-York.

charge pendant 6 heures, on a obtenu : 172 t : m, 102,7 chevaux, 66,7 kw, 62,5° pour l'eau de refroidissement et une diminution de pression de 79,5 mm ; la consommation de charbon, à 8000 calories et 5 pour 100 de cendres, a été de 234 kg, ce qui fait 0,38 kg par cheval-heure, alors que la garantie était de 0,4 kg. A demi-charge pendant 6 heures, les résultats n'ont pas été moins bons : 175 t : m, 49,277 chevaux, 30, 32 kw, 68° pour l'eau de refroidissement, 67,5 mm comme diminution de pression au scrubber, la consommation de charbon identique au précédent a été de 137,848 kg, ce qui fait 0,466 kg pour le cheval-heure, c'est-à-dire une consommation moindre encore que celle qui était garantie soit, 0,48 kg. Concurremment à la dépense de combustible, on a contrôlé la dépense d'huile de graissage; un premier essai a donné 2,5 g; un deuxième, 2,25 g, par cheval-heure. Les constructeurs garantissaient 3 g au plus.

Emploi de courbes de charges symboliques dans les usines génératrices d'électricité; C.-A. ROSSANDER (*E. T. Z.*, 1[er] mai 1913, p. 489-492). — Si, pour une usine électrique, on décompose toutes les courbes de charge se répartissant sur une année entière en éléments correspondant à une heure et que l'on range ces éléments, non d'après leur ordre chronologique, mais d'après leur grandeur absolue, on obtient une courbe de charge annuelle en escalier, courbe qui commence à zéro ou à la charge minimum et se termine à la charge maximum. Or il est possible, avec quelques données caractéristiques des conditions de travail d'une usine, d'établir par le calcul l'équation d'une courbe continue qui se rapproche de la courbe en escalier et peut même la remplacer avec une approximation suffisante, en sorte que cette courbe de charge artificielle appelée par l'auteur « courbe de charge symbolique », constitue dans bien des cas un auxiliaire commode pour avoir une idée d'ensemble du régime d'une usine et pour résoudre aussi analytiquement certains broblèmes. Soit $i = f(t)$, l'équation de la courbe symbolique où i et t représentent la charge et le temps. Nous nous servirons des trois données suivantes : I_{max}, I_m, et I_0, charges maximum, moyenne et minimum et nous poserons : $I_m = \varepsilon I_{max}$, et $I_0 = \varepsilon_0 I_{max}$. Or $\varepsilon = \frac{A}{8760 . I_{max}}$, où A correspond aux ampères-heure ou aux kilowatts-heure annuels, selon que I_{max} est exprimé en ampères ou en kilowatts. L'équation $i = (f t)$ doit donc satisfaire aux conditions suivantes : 1° pour $t = 0$, $i = \varepsilon_0 I_{max}$; 2° pour $t = T$, $i = I_{max}$; 3° $\int_0^T f(t)\, dt = I_m T = \varepsilon I_{max} T$. Ici $T = 8760$ heures, mais comme pour le moment il ne s'agit que de valeurs relatives, nous poserons d'une façon générale $T = 1$ et $I_{max} = 1$, et alors les conditions ci-dessus deviennent : 1° pour $t = 0$, $i = \varepsilon_0$; 2° pour $t = 1$, $i = 1$; 3° $\int_0^1 f(t)\, dt = \varepsilon$. L'équation $i = f(t)$, contiendra au plus trois constantes; la forme qui lui convient le mieux est d'après l'auteur $i = f(t) = a + bt^{\lambda}$. En tenant compte des conditions imposées, on trouve $a = \varepsilon_0$; $b = 1 - \varepsilon_0$, et enfin

$$\int_0^1 [\varepsilon_0 + (1 - \varepsilon_0) t^{\lambda}]\, dt = \varepsilon ;$$

l'intégrale donne

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{1 - \varepsilon_0}{1 + \lambda} \qquad \text{ou} \quad \lambda = \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon - \varepsilon_0}.$$

L'équation cherchée est donc

$$i = \varepsilon_0 + (1 - \varepsilon_0) t^{\lambda}.$$

L'auteur a construit la courbe de charge symbolique d'une usine d'éclairage où $\varepsilon = 0,145$ et $\varepsilon_0 = 0,02$. Il a trouvé que $\lambda = 6,85$; l'équation de la courbe est donc $i = 0,02 + 0,98\, t^{6,85}$; c'est une courbe qui tourne sa concavité vers l'axe des ordonnées. Pour une autre usine dont le coefficient d'utilisation est très élevé, c'est-à-dire caractérisée par des valeurs $\varepsilon = 0,75$ et $\varepsilon_0 = 0$, l'équation est $i = t^{\frac{1}{3}}$, c'est l'équation d'une courbe tournant sa convexité vers l'axe des ordonnées. Enfin pour $\varepsilon = 0,5$ et $\varepsilon_0 = 0$, la courbe se réduit à une droite répondant à l'équation $i = t$. Les applications possibles de cette courbe symbolique sont les suivantes : 1° Détermination de la « courbe de production relative » d'une

usine électrique, c'est-à-dire d'une courbe qui indique la quantité d'énergie, en pour 100 de l'énergie totale fournie annuellement par une usine, qui peut être produite par une machine dont la puissance est moindre que la charge maximum et est exprimée en pour 100 de cette dernière; 2° détermination des conditions de fonctionnement les plus favorables pour usine qui emploie des sources d'énergie motrice différentes; 3° détermination des pertes dans une batterie tampon; 4° détermination de la constante moyenne d'un compteur; 5° détermination de la consommation de combustible ou autres d'un moteur à charge variable, etc. Pour ce dernier cas, une application numérique a conduit l'auteur à une consommation de 506 g de combustible par kilowatt-heure, alors qu'une méthode directe avait donné 500 g.

TRACTION ET LOCOMOTION.

Automotrices électriques mixtes avec moteur Diesel (*E. K. B.*, 4 février 1913, p. 84-85). — On sait que le moteur Diesel est en général, par suite de la meilleure utilisation des calories renfermées dans le combustible, plus économique que le moteur à vapeur. Toutefois ce moteur ne convient guère à la commande directe des essieux d'une locomotive. C'est pourquoi on a songé à recourir, pour l'utiliser, à la transmission électrique. Les chemins de fer de l'État suédois ont fait exécuter récemment, par la AllmänaSwenska Elektriska Aktiebolaget à Västeras, deux automotrices mixtes d'essai, établies selon ce principe. Chacune de ces voitures, d'une puissance de 75 chevaux, pèse 26 tonnes et consomme, seule, environ 0,24 kg de combustible par train-kilomètre; avec un poids remorqué de 28,8 tonnes, la consommation est de 0,33 kg par train-kilomètre avec des locomotives mixtes plus puissantes, on compte descendre à 4 kg par 1000 tonnes : km. Or, avec la traction à vapeur, la consommation de combustible est, dans les cas les plus favorables, de 24 kg par 1000 t : km; sur les lignes locales elle atteint 100 kg par 1000 t : km; étant donné que l'huile lourde coûte environ 2,4 fois plus cher que le charbon, l'économie en faveur des locomotives mixtes Diesel serait d'environ 40 pour 100.

Dispositif de réglage automatique des sabots de frein « système Arger » (*E. K. B.*, 24 mars 1913, p. 175-177).

Les freins à mains des tramways électriques; Dr JULIUSBURGER (*E. K. B.*, 24 janvier et 24 février 1913, p. 56-59 et 120-125). — Description des diverses parties des freins mécaniques à main les plus employés sur les voitures de tramways à deux ou à quatre essieux. Calculs de la répartition des pressions sur les divers sabots avec ces différents types de freins.

La question des communications à San-Francisco (*E. K. B.*, 24 mars 1913, p. 173-174).

Projet d'un chemin de fer souterrain pour le transport des marchandises à Boston (*E. K. B.*, 24 février 1913, p. 126-127). — On projette actuellement de construire à Boston un chemin de fer électrique souterrain destiné à permettre l'échange direct des marchandises entre les gares terminus de cette ville et le port. Mais il n'est pas certain que les économies réalisées sur ce transport justifieraient les dépenses de 5 000 000 de dollars engagées pour l'établissement de ce chemin de fer. A New-York, un projet analogue semble avoir été abandonné à cause des frais trop élevés qu'il aurait entraînés. D'autre part, les résultats obtenus, avec des chemins de fer souterrains de ce genre, à Chicago et à Baltimore, ne semblent pas avoir répondu aux prévisions.

Le développement du trafic sur les métropolitains aériens et souterrains de New-York (*E. K. B.*, 24 février 1913, p. 126). — Les statistiques officielles montrent qu'à New-York le trafic des métropolitains souterrains croissait dans une proportion sensiblement plus rapide que celui des métropolitains aériens. Cela tient, sans doute, à ce que, dans les lignes souterraines, on a prévu, en dehors des voies destinées aux trains omnibus, deux voies spécialement réservées à des trains express à arrêts peu fréquents, ce qui permet de réduire sensiblement la durée des parcours d'une certaine distance. Par contre, avec les lignes aériennes, il serait maintenant difficile d'adjoindre aux voies actuelles deux voies spéciales pour les trains express; en admettant même que cette adjonction coûteuse puisse être réalisée, l'aspect, déjà inesthétique des viaducs, deviendrait encore moins agréable.

Digitized by Google

usine électrique, c'est-à-dire d'une courbe qui indique la quantité d'énergie, en pour 100 de l'énergie totale fournie annuellement par une usine, qui peut être produite par une machine dont la puissance est moindre que la charge maximum et est exprimée en pour 100 de cette dernière; 2° détermination des conditions de fonctionnement les plus favorables pour usine qui emploie des sources d'énergie motrice différentes; 3° détermination des pertes dans une batterie tampon; 4° détermination de la constante moyenne d'un compteur; 5° détermination de la consommation de combustible ou autres d'un moteur à charge variable, etc. Pour ce dernier cas, une application numérique a conduit l'auteur à une consommation de 506 g de combustible par kilowatt-heure, alors qu'une méthode directe avait donné 500 g.

TRACTION ET LOCOMOTION.

Automotrices électriques mixtes avec moteur Diesel (*E. K. B.*, 4 février 1913, p. 84-85). — On sait que le moteur Diesel est en général, par suite de la meilleure utilisation des calories renfermées dans le combustible, plus économique que le moteur à vapeur. Toutefois ce moteur ne convient guère à la commande directe des essieux d'une locomotive. C'est pourquoi on a songé à recourir, pour l'utiliser, à la transmission électrique. Les chemins de fer de l'État suédois ont fait exécuter récemment, par la Allmäna Swenska Elektriska Aktiebolaget à Västeras, deux automotrices mixtes d'essai, établies selon ce principe. Chacune de ces voitures, d'une puissance de 75 chevaux, pèse 26 tonnes et consomme, seule, environ 0,24 kg de combustible par train-kilomètre; avec un poids remorqué de 28,8 tonnes, la consommation est de 0,33 kg par train-kilomètre avec des locomotives mixtes plus puissantes, on compte descendre à 4 kg par 1000 tonnes : km. Or, avec la traction à vapeur, la consommation de combustible est, dans les cas les plus favorables, de 24 kg par 1000 t : km; sur les lignes locales elle atteint 100 kg par 1000 t : km; étant donné que l'huile lourde coûte environ 2,4 fois plus cher que le charbon, l'économie en faveur des locomotives mixtes Diesel serait d'environ 40 pour 100.

Dispositif de réglage automatique des sabots de frein « système Arger » (*E. K. B.*, 24 mars 1913, p. 175-177).

Les freins à mains des tramways électriques; Dr JULIUSBURGER (*E. K. B.*, 24 janvier et 24 février 1913, p. 56-59 et 120-125). — Description des diverses parties des freins mécaniques à main les plus employés sur les voitures de tramways à deux ou à quatre essieux. Calculs de la répartition des pressions sur les divers sabots avec ces différents types de freins.

La question des communications à San-Francisco (*E. K. B.*, 24 mars 1913, p. 173-174).

Projet d'un chemin de fer souterrain pour le transport des marchandises à Boston (*E. K. B.*, 24 février 1913, p. 126-127). — On projette actuellement de construire à Boston un chemin de fer électrique souterrain destiné à permettre l'échange direct des marchandises entre les gares terminus de cette ville et le port. Mais il n'est pas certain que les économies réalisées sur ce transport justifieraient les dépenses de 5 000 000 de dollars engagées pour l'établissement de ce chemin de fer. A New-York, un projet analogue semble avoir été abandonné à cause des frais trop élevés qu'il aurait entraînés. D'autre part, les résultats obtenus, avec des chemins de fer souterrains de ce genre, à Chicago et à Baltimore, ne semblent pas avoir répondu aux prévisions.

Le développement du trafic sur les métropolitains aériens et souterrains de New-York (*E. K. B.*, 24 février 1913, p. 126). — Les statistiques officielles montrent qu'à New-York le trafic des métropolitains souterrains croissait dans une proportion sensiblement plus rapide que celui des métropolitains aériens. Cela tient, sans doute, à ce que, dans les lignes souterraines, on a prévu, en dehors des voies destinées aux trains omnibus, deux voies spécialement réservées à des trains express à arrêts peu fréquents, ce qui permet de réduire sensiblement la durée des parcours d'une certaine distance. Par contre, avec les lignes aériennes, il serait maintenant difficile d'adjoindre aux voies actuelles deux voies spéciales pour les trains express; en admettant même que cette adjonction coûteuse puisse être réalisée, l'aspect, déjà inesthétique des viaducs, deviendrait encore moins agréable.

L'électrification des lignes urbaines et suburbaines de Melbourne; G. Brecht (*E. K. B.*, 14 février 1913, p. 89-96) — Le Gouvernement de Melbourne a récemment publié un cahier des charges relatif à un avant-projet d'électrification des lignes urbaines et suburbaines de cette ville. Ce réseau se compose d'un faisceau de lignes assez denses, mais dont la longueur, sauf pour une ou deux lignes du sud, ne dépasse pas 20 km environ. Dans cet avant-projet, on avait envisagé l'emploi du courant continu et celui du courant monophasé dans les conditions suivantes : *Avec le courant continu* : production de courants triphasés à 20 000 volts et 25 périodes à la centrale; transformation dans diverses sous-stations en courant continu à 1500 volts; alimentation des lignes de contact avec une tension de 1450 volts en moyenne, retour du courant par les rails. *Avec le courant monophasé* : production de courants triphasés à 20 000 volts à la centrale; répartition de l'énergie fournie sous cette forme entre divers points d'alimentation, à partir de chacun desquels un tronçon déterminé serait alimenté à une tension de 11 000 volts environ, par chaque phase. Retour du courant par les rails. Les ingénieurs-conseils du gouvernement, MM. Merz et Mc Lellan, ont, après avoir pris connaissance des devis présentés par les diverses maisons, et en se basant sur les conclusions les plus favorables aux deux modes de traction envisagés, établi un calcul comparatif très étendu, dont ils ont résumé les conclusions dans un rapport.

Ces conclusions sont les suivantes : Si l'on ne tient compte, dans chaque devis, que des postes dépendant de la nature du courant, les frais de premier établissement seraient de 18 millions environ plus élevés avec le courant alternatif qu'avec le courant continu. Quant aux frais annuels d'entretien, ils seraient, avec le courant monophasé, de 1 800 000 fr plus élevés qu'avec le courant continu. En ce qui concerne l'électrification éventuelle de certaines lignes plus importantes (parmi lesquelles la ligne de Melbourne à Seymont, d'une longueur de 98 km et ayant un trafic annuel de 3,28 millions de tonnes, et la ligne de Melbourne à Berdigo et à Woodend, d'une longueur de 162 km, et ayant un trafic annuel de 2,56 millions de tonnes, les rapporteurs arrivent également à des conclusions favorables au courant continu. En ce qui concerne la comparaison avec la traction à vapeur les calculs donnent, en supposant les recettes égales, les résultats suivants :

Économie annuelle réalisée avec la traction électrique :

Sans intérêts ni amortissement du capital : 3 200 000 fr.

Avec 4 pour 100 d'intérêt et les amortissements : 513 750 fr.

L'électrification du réseau de banlieue du « London Brighton and South Coast Railway » (*E. K. B.*, 24 février 1913, p. 125-126). — Le London Brighton and S. C. Rly a décidé d'électrifier toutes les lignes de son réseau de banlieue, de Londres à Coulsdon par Croydon et Purley et de Londres à Cheam par Sutton. Cette décision a été prise à la suite des résultats encourageants, obtenus sur la ligne du South London et sur celle de Victoria-Crystal Palace, électrifiées respectivement depuis 1909 et depuis 1911. Les lignes à électrifier comportent une longueur totale de 280 km de voie simple, y compris les embranchements; avec les 110 km déjà électrifiés, la longueur totale du réseau desservi électriquement sera donc de 350 km de voie simple. Le service actuel utilise 50 automotrices; lorsque l'électrification sera complète, on prévoit que 200 de ces voitures seront nécessaires. Ce sera la plus importante électrification entreprise en Angleterre jusqu'à ce jour. Les travaux seront terminés dans 4 ans environ.

Le chemin de fer électrique de Maastricht à Aix-la-Chapelle (*E. K. B.*, 4 février 1913, p. 80-81). — Le gouvernement hollandais a passé un contrat avec l'A. E. G. pour l'établissement d'un chemin de fer électrique de Maastricht à Aix-la-Chapelle par la station frontière de Vaals, avec embranchement de Gülpen à Wiljre.

Le but de cette ligne est de créer des relations aussi directes que possible entre ces deux villes, en évitant les détours des lignes actuelles et aussi de contribuer au développement industriel et agricole des localités desservies par la nouvelle ligne, aucun chemin de fer n'existant encore dans cette région. Le mode de traction adopté sera le courant continu à haute tension; l'énergie sera fournie, au prix de 2,6 centimes par kilowatt-heure, par la Société de vente d'énergie électrique du Limbourg et empruntée à la centrale actuelle installée aux mines de l'État

hollandais de Heerlen. Les populations respectives d'Aix-la-Chapelle et de Maastricht étant de 157 000 et de 37 000 habitants et celle des localités intermédiaires desservies de 24 000 environ, on compte que le trafic de la nouvelle ligne se développera rapidement.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Le système téléphonique semi-automatique de Siemens et Halske; GRABE (*E. T. Z.*, 27 février 1913, p. 353-357). — Après quelques considérations sur les téléphones semi-automatiques en général, l'auteur décrit celui de Siemens et Halske.

Le câblage par paires dans les câbles téléphoniques à âmes multiples; F. LANGE (*E. T. Z.*, 20 mars 1913, p. 321-324). — Communication du Laboratoire des recherches des télégraphes impériaux allemands. Les avis sont très partagés sur la question du câblage des âmes des câbles téléphoniques; en Amérique, par exemple, on considère qu'un pas de torsion très court est le plus avantageux; mais un procédé qui a de nombreux partisans est celui qui consiste à employer un pas très long et alterner la longueur de ce pas d'une paire à l'autre. L'auteur se propose de comparer les deux systèmes, raccourcissement du pas et permutation du pas, en calculant le coefficient d'induction mutuelle de deux circuits voisins répondant aux spécifications ci-dessus, ou autrement dit, l'effet anti-inductif réalisé par ces deux combinaisons. Dans le câblage de deux conducteurs, le plan qui les contient tourne autour d'un axe idéal orienté suivant la direction longitudinale du câble; l'angle que fait ce plan avec un plan origine fixe est l'angle de phase de la torsion et entre deux points consécutifs où se reproduit le même angle de phase, la distance est précisément égale au pas de la torsion. Pour deux torsades voisines câblées dans le même sens, avec le même pas et d'une manière bien régulière, la différence des phases de torsion reste constante. Or l'auteur trouve que le coefficient d'induction mutuelle de deux torsades voisines ne peut être nul que si les phases diffèrent de 90°. Un changement dans la longueur du pas d'une âme à l'autre produit le meilleur effet anti-inductif; il est encore avantageux de choisir des longueurs de pas très différentes. Quand il y a une action inductive, on constate simultanément une différence entre les capacités des torsades; les deux phénomènes sont coexistants, mais ne se produisent pas toujours dans le même sens, c'est qu'à une faible induction peut correspondre une grande différence entre les capacités ou inversement.

Câble téléphonique sous-marin pour les communications Vienne-Dalmatie (*E. T. Z.*, 13 mars 1913, p. 295-296). — Les deux points extrêmes à relier étaient Vienne et Zara, distants de 815 km. Le tracé de la ligne passe par un grand nombre d'îles de la mer Adriatique, en sorte que la ligne est partie sous-marine, partie aérienne. Celle-ci est formée de fil de bronze de 5 mm de diamètre; celle-là de câbles système Krarup à self-induction uniformément répartie construits par les Norddeutschen Seekabelwerken, de Nordenham. Sa longueur totale est de 59 km. Le câble a quatre âmes d'abord câblées deux à deux, puis ces deux torsades sont à leur tour câblées ensemble. Les conducteurs sont constitués par un fil médian rond entourés de trois fils plats d'une surface totale de 5,5 mm². Autour de chaque toron sont ensuite enroulées trois couches de fil de fer doux de 0,2 mm de diamètre; le tout est recouvert d'une gutta-percha spéciale qui porte l'épaisseur totale à 8,7 mm. Cette gutta est bien meilleure que celle ordinairement employée dans les télégraphes où il n'est pas rare de constater un angle de perte de 1° 30'. Les quatre âmes câblées sont d'abord enrobées dans un feuillard en laiton pour les protéger contre le taret; ensuite on lui superpose une armure en fer constituée par 24 fils de fer galvanisé de chacun 5,7 mm de diamètre pour les câbles de fond, et par 20 fils de 7,1 mm pour les câbles d'atterrissement. L'installation n'a présenté aucune difficulté particulière et les essais de communication entre Vienne et Zara sur la ligne terminée ont donné de brillants résultats; le timbre de la voix ne subissait aucune altération malgré la perte énorme résultant de la portion aérienne; à la traversée des îles, il se forme sur les isolateurs et les poteaux des dépôts salins qui atteignent souvent l'épaisseur d'un doigt; pour cette raison, la pupinisation de la partie aérienne n'aurait apporté aucune amélioration. La disposition des deux paires de

câbles annulait complètement les effets d'induction. La ligne, prolongée depuis jusqu'à Sarajevo, à 1400 km de Vienne donne encore d'excellentes communications bien que le conducteur ne soit formé que d'un fil de bronze de 3 à 4 mm de diamètre seulement. Avant la pose, on avait constaté qu'un câble de 120 km de longueur équivalait à 630 km de ligne aérienne.

Téléphone physiologique intensif; Jules Glover (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 14 avril 1913, p. 1169-1171). — Ce nouvel appareil constitue sans doute un perfectionnement intéressant au téléphone actuel, puisque l'auteur a cru devoir en faire part à l'Académie. Comme la description qu'il en donne, à la suite de plus d'une page de considérations physiologiques ne nous a pas permis de reconnaître en quoi consiste exactement ce perfectionnement, nous prenons le parti de reproduire textuellement cette description. — « L'appareil, dans son ensemble, se résume à une simple colonne portative supportant le crochet commutateur avec son combiné, formé de deux microphones transmetteurs ou de deux groupes de microphones transmetteurs de sensibilité différente pour le nez et la bouche et du récepteur. L'ensemble est fixé aux deux extrémités d'un manche. Les microphones sont utilisés ici directement en primaire, sans pile d'appel, sans pile de conversation, sans bobine d'induction. Et ils fonctionnent parfaitement sous le régime de la batterie centrale intégrale, sous un courant de 24 volts et plus encore, ainsi que sous tout autre régime électrique. Ils peuvent aussi fonctionner parfaitement du reste sous un voltage moindre. La résistance uniforme des microphones forme dans l'ensemble un total de 150 ohms. Elle varie avec le nombre des microphones. On peut supprimer la bobine d'induction car les variations d'intensité du courant dues aux vibrations de la voix sont suffisamment accentuées dans le circuit de ligne. Toutefois la transmission semble amplifiée un peu avec la bobine. Enfin l'appareil comporte une sonnerie polarisée et un condensateur, qui est celui de la sonnerie. L'*hygiène* peut être assurée dans les postes fixes publics par un dérouleur automatique de papier fin, qui permet d'interposer chaque fois ce papier fin entre les microphones, le nez et la bouche pour chaque communication. — En somme ce perfectionnement physiologique du téléphone peut s'appliquer soit au régime actuel, soit au régime de la *batterie centrale*, système pour lequel l'énergie électrique utilisée à la fois en vue des transmissions vocales et des appels visuels et de supervision est pour le réseau tout entier produite par une batterie d'accumulateurs placée dans le bureau central et maintenue à un voltage donné. — Il n'est pas impossible que ce perfectionnement puisse être appliqué avec intérêt à la téléphonie sans fil. »

Les services électriques du nouveau poste de sapeurs-pompiers de Cologne-Deutz; P. Langohr (*E. T. Z.*, 17 avril 1913, p. 439-440). — La description comporte non seulement les installations télégraphiques et téléphoniques, mais encore l'éclairage et la distribution de force motrice.

Nouvelles expériences sur la radiotélégraphie chiffrée à l'aide de caractères d'imprimerie; A.-N. Hovland (*E. T. Z.*, 3 avril 1913, p. 380-382. — On considère toujours, et avec raison, les télégrammes chiffrés comme le meilleur moyen de transmettre des nouvelles qui doivent rester secrètes; mais ce procédé demande beaucoup de temps, puisqu'il faut souvent plusieurs secondes pour transcrire une seule lettre de l'alphabet. D'autre part, il est plus difficile de transmettre ou de recevoir au son des mots qui n'ont aucun sens. L'invention de l'auteur consiste à rendre automatique l'émission et la réception des dépêches chiffrées et enfin de transcrire directement les radiotélégrammes en caractères d'imprimerie au lieu des signaux Morse.

Règle à calcul pour les usages de la radiotélégraphie (*E. T. Z.*, 20 mars 1913, p. 328). — Cette nouveauté nous paraît intéressante à signaler, car cette règle permet de réaliser à peu près tous les calculs qu'on rencontre dans le domaine de la télégraphie sans fil. Elle a été établie par la Firme Dennert et Pape, d'Altona, sur les données de la Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie, de Berlin. Outre les divisions ordinaires, elle en porte trois autres, notamment les logarithmes de 6,28 à 62,8 (2π). Signalons, en particulier, la détermination de la longueur d'onde, du coefficient d'amortissement, de la résistance du circuit oscillant soit en fonction de l'amortissement, soit en fonction de l'intensité du courant; les calculs sont encore facilités par des indications sur les valeurs de $\frac{1}{736}$, 736, $\sqrt{\frac{4}{\pi}}$, $\frac{\pi}{2}$, $\frac{\pi}{4}$ et $\frac{1}{\sqrt{2}}$ qui se présentent le plus souvent.

Méthodes utilisées pour le production de courants de haute fréquence; Br. Glatzel (*Helios Zeits.*, 9 et 16 mars, 1er et 13 avril 1913, p. 125-131, 137-140, 161-165, 185-190). — Les nombreuses recherches effectuées dans ces dernières années ont tellement avancé la question de la production des courants de haute fréquence, qu'en principe au moins tous les moyens ont été essayés qui pouvaient conduire à une application pratique de ces courants. L'auteur se propose d'exposer la théorie de tous les procédés utilisés aujourd'hui sans s'attacher à la description d'un dispositif spécial, d'autant plus que ceux-ci sont susceptibles de subir encore de nombreux perfectionnements.

Application des galvanomètres à cadre extra-sensibles aux relevés géodésiques de haute précision par signaux hertziens; A. Turpain (*C. R., Acad. Sc.*, 28 avril 1913, p. 1312-1314). — La méthode indiquée par l'auteur pour l'enregistrement des télégrammes hertziens permet ainsi qu'on l'a vu (*La Revue électrique*, 21 mars 1913, p. 288) de situer le 1er ou le 180e top émis chaque jour par la Tour Eiffel vers 23 h 30 m dans la seconde d'un chronomètre avec une précision qui peut atteindre ou dépasser le centième de seconde. Cette méthode de situation du top dans la seconde est bien plus précise que la méthode des coïncidences. D'ailleurs avant d'employer la méthode des coïncidences telle qu'elle est utilisée actuellement aux relevés géodésiques de précision, il y a lieu de vérifier l'équirépartition dans le temps des 180 tops actuellement émis. Les tops sont en effet produits par un pendule (dont on ne peut suspecter la régularité) qui met en mouvement tous les 0,98 seconde tout un dispositif d'émission d'ondes hertziennes : relais fermant un circuit qui comprend un interrupteur à jet de mercure, lequel ferme un circuit comprenant des capacités, des self-inductances et un éclateur. On peut dès lors se demander s'il n'y a pas, entre un battement et un top, un retard variable d'un top à l'autre. C'est ce que M. Turpain se propose de rechercher par sa méthode. Il discute alors les erreurs que cette méthode ellemême peut introduire dans les déterminations qu'il poursuit.

ÉCLAIRAGE.

Flux lumineux et intensité lumineuse des sources éclairantes linéaires; K. Norden (*E. T. Z.*, 13 mars 1913, p. 292). — Comme telles, on peut considérer les tubes à vapeur de mercure et les tubes Moore. Par ses travaux antérieurs sur ces sources lumineuses, l'auteur était désigné pour faire partie de la Commission de l'éclairage du Verband Deutscher Elektrotechniker qui l'avait particulièrement chargé d'établir des formules donnant le flux lumineux et l'intensité sphérique des sources éclairantes de forme linéaire. La formule proposée par J. Pole en 1911 pour le flux lumineux est correcte. On a : $\Phi = \pi^2 JL$, où L représente la longueur totale de la source linéaire et J, l'intensité, par unité de longueur, mesurée dans une direction radiale, c'est-à-dire normale à l'axe du tube éclairant. (Pour de plus amples détails, *voir* la Littérature d'avril 1911, p. 15.) — Quant à l'expression du flux sphérique, elle découle immédiatement de celle calculée en 1905 par Uppenborn pour un filament Nernst. Pour ce dernier, on a, en effet : $\varphi = \pi^2 J_{max}$, où J est l'intensité dans une direction perpendiculaire à l'axe. Posons $J_{max} = H\,\Delta l$, en prenant pour H l'intensité, dans une direction normale à l'axe, par unité de longueur et en admettant que Δl représente la longueur totale du filament. Un tube lumineux de longueur L pourra être considéré comme la somme d'éléments Δl, et l'on aura pour son flux $\Phi = \pi^2 H \Sigma \Delta l = \pi^2 HL$, car les sections terminales ne sont pas éclairantes. Du flux sphérique se déduisent immédiatement, l'intensité moyenne sphérique

$$J = \frac{\pi^2 HL}{4\pi} = \frac{\pi}{4} HL$$

et l'intensité moyenne hémisphérique

$$J_{\triangledown} \text{ ou } J_{\triangle} = \frac{\pi^2 HL}{2 . 2\pi} = \frac{\pi^2}{4} HL.$$

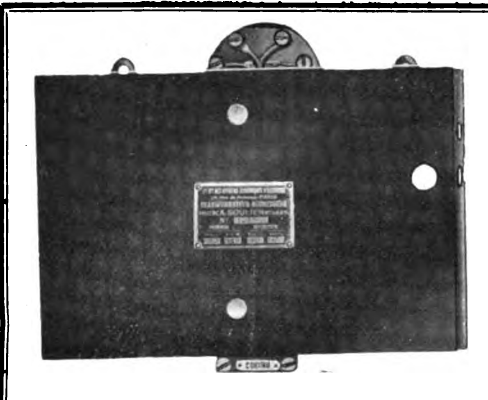
Tandis que l'intensité J dans une direction quelconque (par exemple J_0 dans une direction normale) n'a pas une signification

bien déterminée pour une source linéaire, et donne des valeurs différentes suivant la position du photomètre, c'est-à-dire de la surface à éclairer, à cause de l'obliquité variable des rayons incidents, au contraire l'intensité moyenne sphérique ou l'intensité moyenne hémisphérique de ces sources a un sens précis et elles peuvent servir pratiquement de mesure aussi bien que $J_{\cup}$ pour les lampes à arc. Pour les lampes à incandescence à filament métallique, les règlements imposent de prendre comme mesure l'intensité moyenne horizontale, et l'on en déduit l'intensité moyenne sphérique par la relation $J_{\bigcirc} = 0{,}79\, J_{\text{horiz.}}$ Or $\frac{\pi}{H} = 0{,}79$ très approximativement; on peut donc étendre cette formule aux sources linéaires et écrire $J_{\bigcirc} = 0{,}79\, HL$. Cette théorie s'applique sans restriction à l'arc au mercure dans de longs tubes; pour les tubes Moore, il y aurait cependant à tenir compte du volume éclairant.

Nouveaux interrupteurs-commutateurs pour groupes d'éclairage de la Sächsiche Gruppenwechselschalter Gesellschaft, de Dresde (*E. T. Z.*, 13 mars 1913, p. 296-297). — Ces commutateurs permettent l'extinction ou l'allumage d'un groupe quelconque de lampes et d'un point quelconque. Ils réalisent une économie en commutateurs et conducteurs et une économie plus grande encore en courant, grâce à la facilité de leur commande. L'article contient 28 schémas de montage.

MESURES ET ESSAIS.

Règles fondamentales pour la construction des appareils de mesure électromagnétiques; A. Schortau (*E. T. Z.*, 24 avril 1913, p. 467-469). — Ce type d'appareils de mesure est certainement le plus demandé parce qu'il convient également au courant continu et au courant alternatif et qu'il est bon marché. Sa proportion est de 60 à 70 pour 100 de tous les instruments construits pour tableaux de distribution, et il y aurait, par conséquent, un intérêt réel à les fabriquer en série. Malheureusement, pour satisfaire aux exigences de la clientèle, il a fallu lancer sur le marché les modèles les plus variés; ainsi la plupart des constructeurs ont adopté cinq types dont le diamètre varie de 90 mm à 300 mm; seule la maison Weston s'est limitée à deux types de 170 mm et 242 mm de diamètre. Quelles sont les qualités que l'on doit exiger d'un instrument électromagnétique et comment les réaliser? L'auteur propose les règles suivantes : Rendre le rapport du poids du système mobile à son couple aussi petit que possible, afin de réduire les frottements et de disposer en outre d'une force plus grande pour les vaincre; réaliser un bon amortissement pour que l'aiguille prenne la position d'équilibre au bout de trois ou quatre oscillations; pour cela, s'en tenir à une chambre d'amortissement unique dimensionnée d'après la plus grande longueur d'aiguille choisie quitte à y pratiquer quelques ouvertures pour son application aux aiguilles plus courtes; pour les appareils destinés à fonctionner sur des réseaux alternatifs, éloigner les masses métalliques le plus possible de la bobine afin d'éviter la production de courants de Foucault; (certaines maisons, comme la Weston Gesellschaft et l'A. E. G. ont même supprimé le gabarit sur lequel s'enroule la bobine et celle-ci est fixée directement sur le fond de l'appareil; cependant si la bobine est disposée verticalement, et si le fond est en métal magnétique, il est bon d'y faire une ouverture de grandeur égale au diamètre de la bobine et de l'obturer ensuite avec une matière non magnétique); choisir un fer ayant une rémanence très faible, par exemple, un alliage de fer et de silicium ou du fer électrolytique car un fer de qualité inférieure peut introduire des erreurs en moins de 2 à 5 pour 100 en courant continu. Enfin l'aiguille constitue un accessoire très important pour les instruments de mesure ainsi que son mode de fixation. Elle doit être très légère, mais cependant suffisamment rigide pour ne pas se déformer en venant frapper contre les butées qui limitent sa course; sa période propre sera très éloignée des fréquences usuelles. Au lieu d'un seul ressort spiral pour produire le couple antagoniste, il est préférable d'en employer deux agissant en sens contraire, de façon à compenser les différences de température qui provoquent des déplacements du zéro. Le nombre d'ampères-tours variera entre 300 et 350. Les instru-



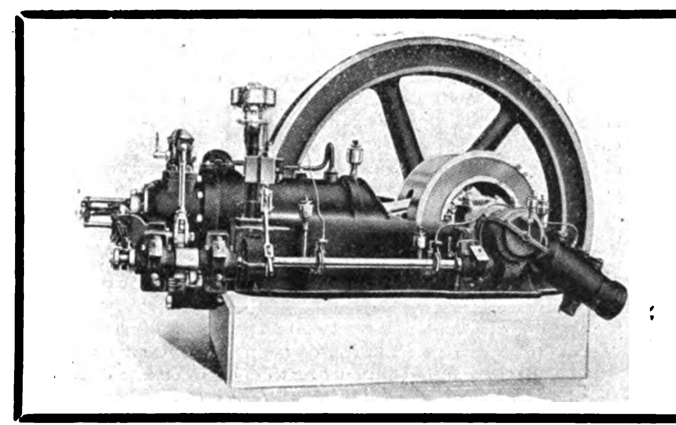
REDRESSEURS ÉLECTROMÉCANIQUES
Système Soulier

Charge des Accumulateurs, électrolyse, alimentation des lampes à arc et moteurs à courant continu, sur courant alternatif.

NI ENTRETIEN NI SURVEILLANCE

SOCIÉTÉ ANONYME DES APPAREILS D'ÉLECTRICITÉ
***Téléph.* : Gutemb. 24-80** — **46, Rue Taitbout, Paris**

MACHINES ÉLECTRIQUES A SOUDER :: MOTEURS DIESEL "OLÉA"



MOTEURS DIESEL
"OLÉA"

MISE EN MARCHE IMMÉDIATE
Économie considérable
FORCE MOTRICE, ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

DIÉNY & LUCAS, Ingénieurs
29, rue de Provence, Paris. *Téléph.* : 226.02

Cie Gle D'ÉLECTRICITÉ DE CREIL

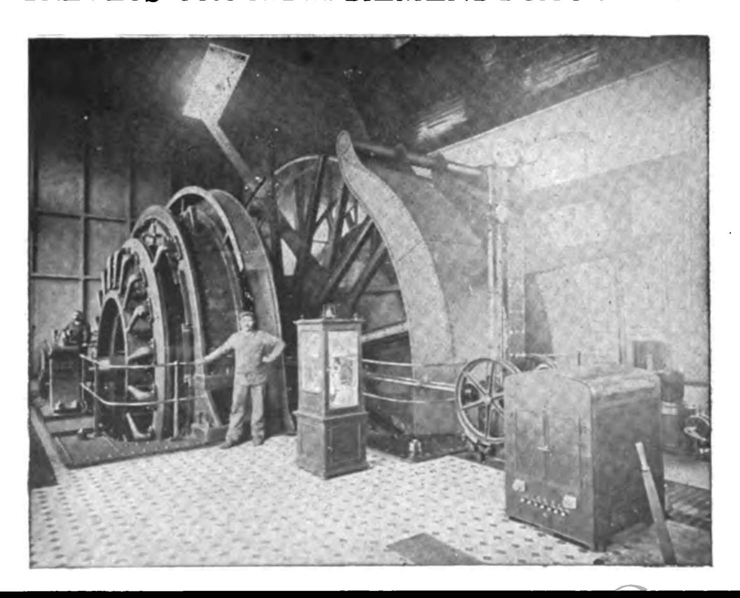
Société Anonyme. Capital 3.800.000 frs.

Siège Social :
PARIS
19, rue Louis-le-Grand

Seule Concessionnaire pour la France et les Colonies des
BREVETS et PROCÉDÉS *SIEMENS-SCHUCKERT*

Usines :
A CREIL
(Oise)

MATÉRIEL
A COURANT CONTINU ET ALTERNATIF
MONO- ET POLYPHASE
DE TOUTES PUISSANCES
MATÉRIEL POUR MINES



TRANSPORT D'ÉNERGIE
STATIONS CENTRALES — TRACTION
APPAREILS DE LEVAGE
MACHINES D'EXTRACTION — LAMINOIRS
COMPTEURS — LAMPES A ARC, ETC.

ments électromagnétiques remplissant ces conditions auront : en courant continu, une précision de 0,8 pour 100; en courant alternatif, entre 15 et 200 p : s, une précision presque absolue.

Modèle de batterie à haute tension pour la mesure des grandes résistances d'isolement; A. Wertheimer (*E. T. Z.*, 15 mai 1913, p. 555-556). — Cette batterie est destinée à la mesure de la résistance d'isolement de bouts de câbles très courts; il est alors absolument nécessaire que la source de courant soit dans toutes ses parties rigoureusement isolée du sol, car soit l'un des pôles de l'éprouvette, soit la chemise, soit enfin l'armature en fer, ne peuvent jamais être complètement isolés du sol. C'est la description d'une telle batterie que donne l'article avec toutes les précautions prises pour son isolement. La batterie est subdivisée en 12 parties donnant chacune 40 volts; de sorte que l'on dispose de 12 × 40 = 480 volts. Elle est construite par la Vartà Accumulatoren-Gesellschaft, succursale de Berlin.

Compteur électrolytique pour courant continu Form HN 2, FN 2 et UN 2, des Glaswerk Schott et Gen, d'Iéna. — Certificat d'essai du Physikalisch Technischen Reichsanstalt (*E. T. Z.*, 3 avril 1913, p. 386-387).

Transformateur pour les essais à haute tension, de Koch et Sterzel, Dresde (*E T. Z.*, 8 mai 1913, p. 535). — Ce petit appareil est spécialement destiné aux essais, dans les ateliers et les laboratoires, des matières isolantes, des isolateurs et en général de tous les accessoires dont on désire éprouver la rigidité diélectrique. On branche le primaire directement sur le réseau alternatif avec intercalation d'une lampe à filament de carbone de 50 watts, en général. L'enroulement secondaire est sectionné en trois parties qui donnent respectivement 500, 1000 et 1500 volts. Il est essentiel de ne pas dépasser la limite de puissance indiquée ci-dessus, parce que le côté haute tension pourrait alors devenir dangereux. Les tensions extrêmes sont : 250 volts primaires et 2000 volts secondaires. Le petit transformateur a un poids de 7 kg; il est contenu dans une caisse cylindrique en tôle d'acier pourvue d'une courroie. Toutes les bornes sont apparentes; la lampe elle-même est fixée sur le sommet de l'appareil et protégée par un grillage.

Un décaleur de phase et son emploi avec le wattmètre Nouvelles considérations sur le facteur de puissance et la puissance apparente; G. Campos (*Atti d. Assoc. Elett. Italiana*, 31 mars 1913, p. 221-235). — Le dispositif de mesure décrit par l'auteur est constitué par un petit déphaseur portatif qui alimente la bobine ou les bobines de tension d'un wattmètre. On obtient ainsi, dans quatre positions différentes du déphaseur, la mesure directe et exacte de : 1° la puissance effective; 2° du facteur de puissance cos φ pour charges équilibrées ou cos Φ pour charges non équilibrées; 3° de la puissance réactive; 4° des volt-ampères. Cette dernière valeur correspond, pour charges non équilibrées, à la définition du facteur de puissance ou cos Φ antérieurement proposée par l'auteur.

Note sur l'énergie de la balance d'induction; J. Dalton (*Phil. Mag.*, janvier 1913, p. 56-61). — Dans le problème général de la balance d'induction (pont de Wheatstone) dans laquelle chaque bras comporte des résistances, des selfs et des capacités, le régime permanent est régi par la relation ordinaire de Wheatstone entre les résistances. L'auteur estime qu'une simplification notable dans l'étude du régime variable est obtenue en shuntant le condensateur par une fraction seulement de la résistance.

Règles pour l'emploi et l'essai des machines et des transformateurs (communication de la Commission des machines du Verband Deutscher Elektrotechniker) (*E. T. Z.*, 17 avril 1913, p. 451-454).

Couples thermoélectriques et bobines de résistance pour la détermination des températures locales dans les machines électriques; J.-A. Capp et L.-T. Robinson (*P. A. I. E. E.*, mars 1913, p. 701-709).

Appareils pendulaires pour la mesure des efforts moteurs et résistants développés dans la traction des trains; A. Sabourin (*Technique moderne*, 1er mai 1913, p. 348-350). — L'auteur rappelle d'abord les expériences faites avec un pendule par M. Desdouits, ancien ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'État français. Il décrit ensuite l'appareil imaginé par M. J. Doyen, ingénieur principal des Chemins de fer de l'État belge Tandis que le pendule de Desdouits enregistre l'accélération seule, l'appareil de Doyen enregistre le travail accélérateur.

BREVETS D'INVENTION

Communiqués par l'*Office international de Brevets d'invention* Dupont et Elluin (H. Elluin, Ingénieur électricien, E. P., E. S. E.), 42, boulevard Bonne-Nouvelle, Paris.

452815. Société alsacienne de constructions mécaniques. — Génératrice à courant continu à vitesse variable combinée avec des batteries d'accumulateurs, 18 mars 1912.

452882. Ateliers de constructions électriques de Charleroi. — Procédé de démarrage des groupes en cascade, 19 mars 1912.

452941. Estève. — Mécanisme de commande pour lampe électromécanique, 4 janvier 1913.

452996. Société anonyme Westinghouse. — Système d'allumage et d'éclairage pour automobiles, 9 janvier 1913.

452839. Leeson. — Perfectionnements apportés aux bobines électriques, 5 janvier 1913.

452849. Leitner. — Perfectionnements dans les conjoncteurs-disjoncteurs électriques employés pour charger les accus, 3 janvier 1913.

452872. Maison Bréguet. — Interrupteur de fin de course réglable pour manœuvres très fréquentes et permettant le freinage électrique des moteurs à marche éventuelle dans les deux sens, 4 janvier 1913.

52873. Maison Bréguet. — Dispositif de démarrage à plots amovibles à nombre d'échelons quelconque et pour intensités quelconques, 4 janvier 1913.

452880. Société anonyme Westinghouse. — Perfectionnements dans les mécanismes actionnés électriquement, 4 janvier 1913.

452883. G. Chrétien et Cie. — Procédé pour augmenter le pouvoir isolateur des corps employés comme isolants électriques, 19 mars 1912.

452914. Soulat. — Système permettant de transformer les compteurs d'énergie pour courant continu ou pour courants alternatifs en compteurs à dépassement, 6 janvier 1913.

452976. Le matériel téléphonique. — Machine à bobiner, 9 janvier 1913.

452997. Société anonyme Westinghouse. — Perfectionnements aux transformateurs à haute tension, 9 janvier 1913.

453034. Le Bolloch. — Lampe électrique à incandescence à filaments multiples et son mode de prise de courant, 10 janvier 1913.

453058. Société internationale de Lumière froide. — Appareil pour la télégraphie optique, 22 mars 1912.

453085. Société dite Signal G.m.b.H. — Aéroplane avec équipement radio-télégraphique, 13 janvier 1913.

453090. Société industrielle des téléphones. — Compteur automatique de conversations téléphoniques, 13 janvier 1913.

453116. Williams. — Méthode d'énumération d'appels téléphoniques et moyens pour cette énumération, 12 décembre 1912.

453157. Société Automatic electric Co. — Système téléphonique semi-automatique, 6 janvier 1913.

453162. Block. — Support pour appareils téléphoniques et appareils semblables, combiné avec un dispositif de désinfection, 10 janvier 1913.

453223. Decelle. — Dispositif applicable aux appareils télégraphiques à signaux fugitifs pour les transformer en appareils télégraphiques à signaux permanents, 16 janvier 1913.

453315. Beckmann. — Appareil pour la transmission de mouvement ou de signaux au moyen de noyaux de fer à enroulement polyphasé, 18 janvier 1913.

453318. Société Automatic electric Co. — Système téléphonique de ligne individuelle, 18 janvier 1913.

17066/446872. Bouvet. — Transmetteur téléphonique, 9 janvier 1913.

17075/445753. Farlet. — Compteur téléphonique automatique, 11 janvier 1913.

453239. Rushmore. — Perfectionnements aux moteurs de démarrage pour machines, 16 janvier 1913.

453272. Heyland. — Procédé de réglage pour machines à courants alternatifs poly et monophasés, 2 octobre 1912.

453320. Société general industries Co. — Plaque pour batteries d'accumulateurs, 18 janvier 1913.

453324. Martin. — Perfectionnements augmentant le rendement des diverses génératrices en courant continu et en courant alternatif, 17 janvier 1913.

Nouvelles Sociétés. — *Société du Radiométal.* — Siège social, 90, rue de la Victoire, Paris. Durée : 60 ans. Capital : 200 000 fr.

Société en nom collectif Bouteillier, frères, fabrique d'appareils d'éclairage. — Siège social, 103, faubourg Saint-Denis, Paris.

Société en nom collectif Les fils de Dudach, bronze d'éclairage. — Siège social, 10, rue Saint-Anastase, Paris, Durée : 10 ans. Capital : 20 500 fr.

Société veuve Thiriez et Schemann, éclairage. — Siège social, 9, cité Dupetit-Thouars, Paris.

Socité anonyme des aciéries électriques d'Aiguebelle. — Siège social, à Aiguebelle (Savoie). Durée : 70 ans. Capital : 1 250 000 fr.

Société anonyme de Saint-Priest et extensions. — Siège social, à Saint-Priest. Durée : 40 ans. Capital : 50 000 fr.

Compagnie lyonnaise d'électrothermie. — Siège social, 18, cours Morand, à Lyon. Durée : 50 ans. Capital : 30 000 fr.

Société J. Jucha et Cie, dynamos. — Siège social, 105, rue Pierre-Corneille, à Lyon. Durée : 15 ans. Capital : 56 000 fr.

Société générale des Entreprises électriques. — Siège social, 71, rue Raspail, Paris.

Société anonyme dite : Ateliers électriques Roche-Grandjean. — Siège social, 27, boulevard de la Chapelle, Paris. Durée : 50 ans. Capital 335 100 fr.

Société en nom collectif Houplain et Elluin, Société de constructions mécaniques et électriques (ascenseur système Houplain et Elluin). — Siège social, 40, rue Bargue, Paris. Durée : 6 ans 1 mois 15 jours, 9 ans 1 mois 15 jours ou 12 ans 1 mois 15 jours. Capital : 512 965,66 fr.

Société anonyme dite : Electricité de Reims. — Siège social, 13, rue Taitbout, Paris. Durée : 99 ans. Capital : 2 000 000 fr.

Société d'électricité de la région de Valenciennes, Anzin. — Siège social, 7, boulevard Haussmann, Paris. Durée : 99 ans. Capital : 20 millions.

Société anonyme Centre-Lumière. — Siège social, 8, quai Henry IV Paris.

Société en nom collectif Girard et Prioux, électricité. — Siège social, place Saint-Pierre et 1, rue Royale, Nantes.

Société anonyme Saint-Quentinnoise d'éclairage, de chauffage, de force motrice et de distribution d'eau. — Capital : 2 200 000 fr, durée : jusqu'au 31 décembre 1975.

Modifications aux statuts et aux Conseils. — *Société des eaux et électricité de Miribel, Rilleux, Sthonay et environs de Lyon.* — Compagnie générale de distribution électrique de l'Oise, 3, rue Saint-Philippe-du-Roule, Paris. Transfert du siège, 1, rue d'Argenson, Paris.

Société Astier, Achard et Garcin; Société d'électricité du Midi, à Marseille. — Par suite du retrait de M. Astier de la-dite Société, la raison sociale devient L. Achard et F. Garcin.

Société d'Electrochimie. — Siège social, 2, rue Blanche, Paris. Capital porté de 6 000 000 fr à 10 000 000 fr.

Société générale d'électricité Paris-Province. — Siège social, 12, rue d'Hauteville, Paris. Transfert du siège 43, boulevard Haussmann.

Modification aux statuts de la Société Ch. Mildé et Cie, rue Desrenaudes, Paris. — Par suite de l'adjonction de deux nouveaux commanditaires dans ladite Société, le capital est porté de 1 500 000 à 2 000 000 fr.

Modification aux statuts de la Société électrique d'Aubencheul, au Bac. — Capital porté de 60 000 fr. à 120 000 fr.

Omnium français d'électricité. — Siège social, 159, boulevard Pereire, Paris. Capital porté à 1 800 000 fr.

Société d'éclairage et de force motrice de Brive. — Siège social, à Brive (Corrèze). Capital porté à 924 000 fr.

Premières nouvelles sur les installations projetées.

Albert (Somme). — Le Conseil municipal aurait approuvé un projet de concession de distribution d'énergie électrique.

Chartres (Eure-et-Loir). — On annonce que le Conseil d'État a adopté le projet relatif à la concession d'une distribution d'énergie électrique pour la ville de Chartres. Les travaux doivent commencer incessamment.

Chalamont (Ain). — La Municipalité serait en pourparlers avec l'Union électrique pour l'installation d'une distribution d'énergie électrique.

Saint-Pol-sur-Mer (Nord). — Il serait question d'installer une distribution d énergie électrique.

Verrey-sous-Salamaise (Côte-d'Or). — M. Paupelet aurait obtenu la concession de l'éclairage électrique.

Mayenne (Mayenne). — Le Conseil municipal aurait approuvé le projet présenté par MM. Kuentz pour l'installation de l'éclairage électrique.

Voutenay (Yonne). — La concession d'une distribution d'énergie électrique aurait été accordée à M. Fondant.

Wissous (Seine-et-Oise). — La Société de construction d'usines et d'exploitation de concessions aurait obtenu la concession d'une distribution d'énergie électrique.

Coaraze (Alpes-Maritimes). — On annonce que le Conseil municipal discutera prochainement le projet d'éclairage de la commune.

Le Creusot (Saône-et-Loire). — Le Conseil aurait approuvé le traité passé avec la Compagnie d'électricité pour l'éclairage des quartiers de la banlieue.

Saint-Laurent-de-Chamousset (Rhône). — Il serait question d'installer l'électricité dans cette commune.

Pont-Scorff (Morbihan). — Une enquête serait ouverte sur le projet d'installation de l'éclairage électrique dans la commune.

Ners (Gard). — Il est question, paraît-il, d'installer l'éclairage électrique dans la commune.

Lille (Nord). — On annonce que des concessions de distribution d'énergie électrique ont été accordées à la Société l'Énergie électrique du Nord de la France et à la Compagnie des Tramways de Lille.

Courville (Eure-et-Loir). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans la commune.

Oued-el-Aleug (Algérie). — Le Conseil municipal aurait accueilli favorablement la demande de la Compagnie centrale d'énergie électrique en vue d'obtenir une concession de distribution d'énergie électrique.

Privas (Ardèche). — Le Conseil municipal aurait approuvé le traité passé avec la Compagnie du Gaz pour l'éclairage électrique des particuliers.

Dreux (Eure-et-Loir). — On annonce que la Compagnie du Gaz aurait cédé à une Société électrique la concession de l'éclairage électrique de la ville.

Bourg-de-Peage (Drôme). — Le Conseil municipal a, paraît-il approuvé les traités à passer avec la Compagnie du Gaz et M. Clément Poitiers, concessionnaire de l'éclairage électrique.

Labastide-Murat (Lot). — Il serait question d'installer l'éclairage électrique dans cette commune.

Villechenève (Rhône). — Le Conseil municipal aurait autorisé le Maire à accorder à la Société d'énergie électrique une concession de distribution d'énergie électrique.

Le Teil (Ardèche). — Le Conseil a, paraît-il, adopté la convention avec la Société du Gaz pour l'éclairage électrique.

Garons (Gard). — On annonce que l'éclairage électrique va être installé dans la commune.

Cheragas (Algérie). — Le Conseil municipal aurait adopté les propositions de la Compagnie d'énergie électrique pour l'installation de l'éclairage électrique.



DIVERS.

Le cinquantenaire de l'Académie nationale des Sciences des États-Unis. — Du 22 au 24 avril, l'Académie nationale des Sciences des États-Unis a célébré à Washington le cinquantenaire de sa fondation. A cette fête, que le Président de la République américaine, M. Wilson, honorait de sa présence, avaient été conviés de nombreux savants étrangers.

On a entendu en particulier M. A. Schuster, de la Société Royale de Londres, parler de la coopération internationale dans les recherches, et M. J.-C. Kapteyn, professeur à l'Université de Groningue, de la structure de l'Univers. M. G.-E. Hale, directeur de l'Observatoire d'Astronomie solaire du mont Wilson, a fait une brillante conférence sur la Terre et le Soleil considérée comme aimants.

A l'occasion de cet anniversaire, l'Académie a décerné de nombreuses distinctions. La Médaille Watson a été remise à M. J.-C. Kapteyn pour ses recherches sur la structure de l'Univers stellaire, la Médaille Henry Draper à M. H. Deslandres, directeur de l'Observatoire de Meudon, pour ses travaux d'Astrophysique, et la Médaille Agassiz au Dr J. Hjort, de Bergen, pour ses remarquables recherches océanographiques. Le Prix Comstock, de 7500 fr, a été décerné au professeur R.-A. Millikan, de Chicago, pour ses travaux bien connus de Physique moléculaire.

Enfin, l'Académie a procédé à l'élection d'un certain nombre de nouveaux Associés étrangers : MM. A. Schuster, Th. Boveri, W. Crookes, G. Darboux, H. Deslandres, A. Heim, A. Kossel, K.-F. Küstner, J.-D. Van der Waals, A. Weismann et M. Wolf.

L'alimentation de Lyon en énergie électrique. — La Compagnie du gaz de Lyon a, en vue de se procurer l'énergie électrique nécessaire à l'alimentation de son réseau, fondé une filiale : la Société hydroélectrique de Lyon. Celle-ci procède actuellement à la construction d'une usine sur le Fier; en outre elle a passé avec la Société Paul Girod un marché d'après lequel une partie du courant produit à Ugine sera transmise jusqu'à Annecy et à l'usine de Fier par une ligne construite à frais commun par la Société hydroélectrique de Lyon et une Société locale; de l'usine du Fier le courant sera transmis à Lyon au moyen de la ligne qui va être installée pour la transmission à Lyon, de l'énergie produite à l'usine du Fier.

10e Année. — TOME XIX. N° 217 VENDREDI 3 JANVIER 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

SYNDICAT DES FORCES HYDRAULIQUES, DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE, DE L'ÉLECTROCHIMIE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT;
SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES;
SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES DU NORD DE LA FRANCE;
SYNDICAT PROFESSIONNEL DE L'INDUSTRIE DU GAZ (USINES ÉLECTRIQUES DU); SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ;
CHAMBRE SYNDICALE DE L'ÉCLAIRAGE ET DU CHAUFFAGE PAR LE GAZ ET L'ÉLECTRICITÉ;
CHAMBRE SYNDICALE DES ENTREPRENEURS ET CONSTRUCTEURS ÉLECTRICIENS

PARIS, GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

Administration :
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, 55.

Rédaction :
J. BLONDIN
171, Faubourg Poissonnière, 171.

La Revue paraît le 1er et le 3e vendredi de chaque mois.

ABONNEMENT, Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — Le Numéro : 1 fr. 50.

NOTICES SUR DEMANDE

SOUPAPE ÉLECTRIQUE NODON

TRANSFORMATEUR STATIQUE DE COURANTS ALTERNATIFS
EN COURANT CONTINU

Charge d'accumulateurs — Moteurs à courant continu — Treuils — Ascenseurs
Lampes à arc — Projections — Cinématographe — sur courant alternatif

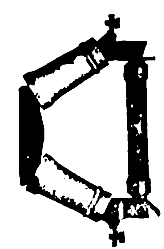
APPAREILS MORS système FODOR pour jonction instantanée des fils et câbles

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ MORS, 28, rue de la Bienfaisance, PARIS
Société Anonyme au Capital de 1000000 francs.

NOTICES SUR DEMANDE

U. H. HILTEBRANB, Paris

Ingénieur-Électricien diplômé — Ingénieur-Conseil
10, Rue Nouvelle, 10 (rue de Clichy)



APPAREILS de MESURE ÉLECTRIQUES.
MATÉRIEL " HAUTE TENSION ", TRANSFORMATEURS
TABLEAUX de DISTRIBUTION.
VENTILATEURS et MOTEURS.

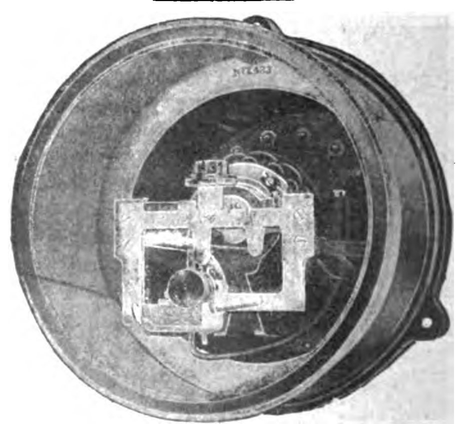
Demander les Catalogues et Tarifs spéciaux.



APPAREILLAGE FERRANTI

Haute et Basse Tensions

Instruments de Mesure	Relais
Appareils de Tableaux	Tableaux de Distribution
Interrupteurs et Disjoncteurs	Appareillage pour Mines



Relais à retour de courant.

Le " MATERIEL ELECTRIQUE "
SOCIÉTÉ ANONYME
78, Rue d'Anjou, 78, PARIS. — *Téléph.* 216-39.

ISOLATEURS PORCELAINE

FERRURES GALVANISÉES

Pour toutes Applications Électriques

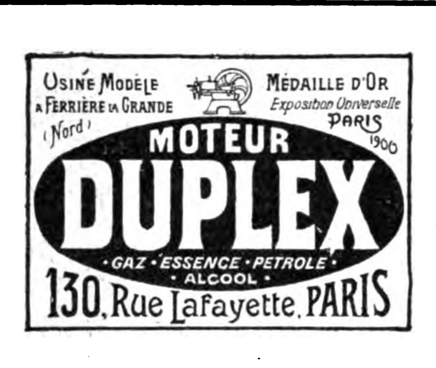
Exécution rapide sur plans et modèles

MANUFACTURE DE PORCELAINE U. CHAUFFIER

Ancienne Société Ch. Martel et L. Thomas

L. THOMAS, Successeur

A ESTERNAY (MARNE)



CHEMIN DE FER DU NORD

Services rapides

entre Paris, l'Angleterre, la Belgique, la Hollande, l'Allemagne, la Russie, le Danemark, la Suède et la Norvège.

			Trajet en
6	express sur	BRUXELLES	3^h55
3	—	LA HAYE	7^h30
		et AMSTERDAM	8^h30
5	—	FRANCFORT-sur-MEIN	12^h »
5	—	COLOGNE	7^h29
4	—	HAMBOURG	15^h19
5	—	BERLIN	15^h31
2	—	SAINT-PÉTERSBOURG	50^h »
		par le Nord-express bi-hebdomadaire	45^h »
1	—	MOSCOU	60^h »
		par le Nord-expres hebdomadaire	53^h »
2	—	COPENHAGUE	26^h »
		STOCKHOLM	43^h »
		CHRISTIANIA	49^h »

Pour renseignements précis, s'adresser aux gares et bureaux de ville de la Compagnie.



10e Année. — TOME XIX. N° 218 VENDREDI 17 JANVIER 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Syndicat des forces hydrauliques, de l'Électrométallurgie, de l'Électrochimie et des industries qui s'y rattachent;
Syndicat professionnel des industries électriques;
Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France;
Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité;
Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité;
Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef.

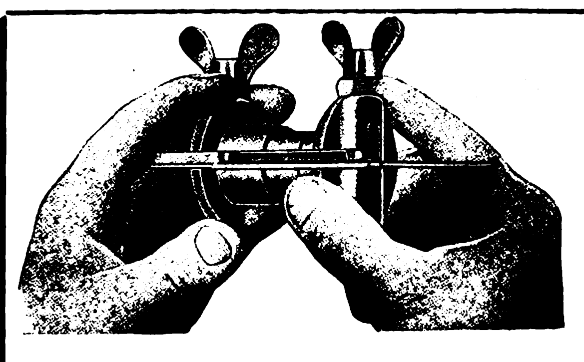
PARIS, GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

Administration :
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, 55.

Rédaction :
J. BLONDIN
171, Faubourg Poissonnière, 171.

La Revue paraît le 1er et le 3e vendredi de chaque mois.

Abonnement, Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — Le Numéro : 1 fr 50.



Les jonctions rapides et sans soudure des fils et câbles sont réalisées économiquement par les

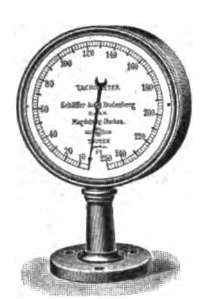
APPAREILS MORS

***Système* FODOR**

qui assurent une résistance mécanique irréprochable et un contact électrique parfait aux ligatures

Sté D'ELECTRICITÉ MORS, 28, rue de la Bienfaisance
PARIS
Société anonyme au Capital de 1.000.000 francs.

CATALOGUE COMPLET SUR DEMANDE



Société An. Française SCHAEFFER & BUDENBERG

AU CAPITAL DE 1000000 DE FRANCS.

Siège Social : 95, Boulevard Richard-Lenoir, PARIS

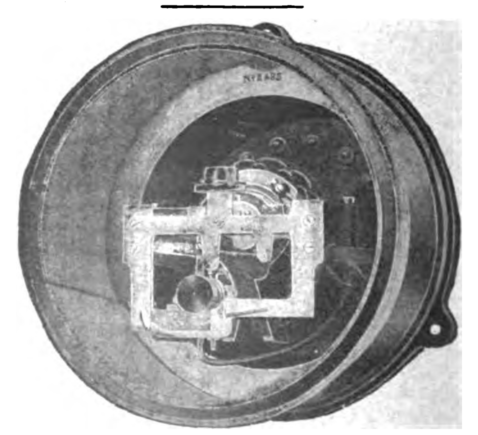
Demandez-nous nos tarifs spéciaux concernant les :
Manomètres :: Thermomètres :: Compteurs de tours :: Tachymètres
COMPTEURS D'EAU "WOLTMANN" POUR ALIMENTATION
Ventilateurs
ROBINETTERIE SPÉCIALE POUR VAPEUR SURCHAUFFÉE ET HAUTE PRESSION
Ils vous intéresseront certainement.



APPAREILLAGE FERRANTI

Haute et Basse Tensions

Instruments de Mesure	Relais
Appareils de Tableaux	Tableaux de Distribution
Interrupteurs et Disjoncteurs	Appareillage pour Mines



Relais à retour de courant.

Le "MATERIEL ELECTRIQUE"
SOCIÉTÉ ANONYME
78, Rue d'Anjou, 78, PARIS. — *Téléph.* 216-39.

10e Année. — TOME XIX. N° 219. VENDREDI 7 FÉVRIER 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Syndicat des forces hydrauliques, de l'Electrométallurgie, de l'Électrochimie et des industries qui s'y rattachent;
Syndicat professionnel des industries électriques;
Syndicat professionnel des industries électriques du nord de la France;
Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité;
Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité;
Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens

Publiée sous la direction de J. **BLONDIN**, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef.

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, Turpain, etc.

PARIS, GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

Administration :
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, 55.

Rédaction :
J. BLONDIN
171, Faubourg Poissonnière, 171.

La Revue paraît le 1er et le 3e vendredi de chaque mois.

Abonnement, Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale . 30 fr. — Le Numéro : 1 fr. 50.

10e Année. — TOME XIX. N° 220. VENDREDI 21 FÉVRIER 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Syndicat des forces hydrauliques, de l'Électrométallurgie, de l'Électrochimie et des industries qui s'y rattachent;
Syndicat professionnel des industries électriques;
Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France;
Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité;
Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité;
Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef.

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, Turpain, etc.

PARIS, GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

Administration :
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, 55.

Rédaction :
J. BLONDIN
171, Faubourg Poissonnière, 171.

La Revue paraît le 1er et le 3e vendredi de chaque mois.

Abonnement, Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — Le Numéro : 1 fr. 50.

SOUPAPE ÉLECTRIQUE NODON

NOTICES SUR DEMANDE

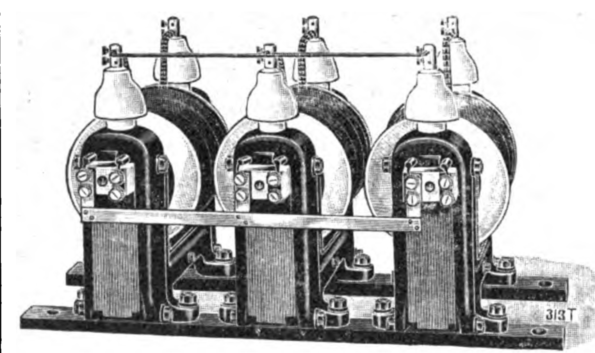
TRANSFORMATEUR STATIQUE DE COURANTS ALTERNATIFS
EN COURANT CONTINU

Charge d'accumulateurs — Moteurs à courant continu — Treuils — Ascenseurs
Lampes à arc — Projections — Cinématographe — sur courant alternatif

APPAREILS MORS système FODOR pour jonction instantanée des fils et câbles

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ **MORS**, 28, rue de la Bienfaisance, PARIS
Société Anonyme au Capital de 1000000 de francs.

NOTICES SUR DEMANDE



Transformateur triphasé à air libre.

U.-H. HILTEBRAND

Ingénieur-Electricien diplomé :: Ingénieur-Conseil

10, Rue Nouvelle, 10. ***(Rue de Clichy)***

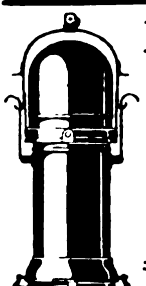
PARIS

Téléph. : *Central 18-60.* Adr. télégr. : *Hiltebing Paris.*

TRANSFORMATEURS
STATIQUES
POUR TOUTES TENSIONS ET INTENSITÉS

LA LUTÈCE ÉLECTRIQUE

Société Anonyme au Capital de fr. 500.000
Siège Social : 19, Rue Corbeau, PARIS X°



DYNAMOS, MOTEURS
· TRANSFORMATEURS ·
toutes puissances et tous voltages

LAMPES A ARC
pour toutes applications

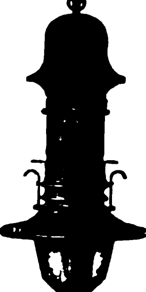
LAMPE
" EXCELLO-LUTÈCE "
par 2 et par 3 sur 110 volts.

La seule
avec Garniture Fumivore
réellement efficace.

LAMPE DIA-LUTÈCE

à charbons minéralisés en vase clos
avec garniture fumivore efficace

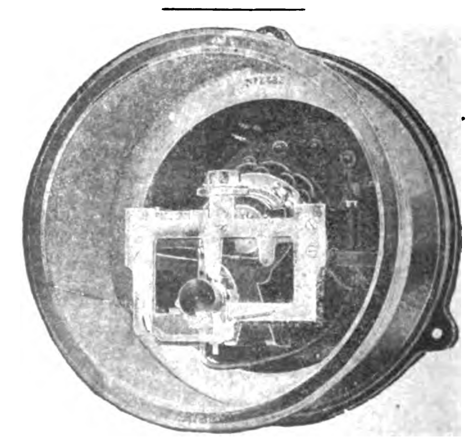
DURÉE D'ALLUMAGE : 100 à 120 heures



APPAREILLAGE FERRANTI

Haute et Basse Tensions

Instruments de Mesure	Relais
Appareils de Tableaux	Tableaux de Distribution
Interrupteurs et Disjoncteurs	Appareillage pour Mines



Relais à retour de courant.

Le " MATERIEL ELECTRIQUE "
SOCIÉTÉ ANONYME
78, Rue d'Anjou, 78, PARIS. — *Téléph.* **216-39.**

10e Année. — TOME XIX. N° 222. VENDREDI 21 MARS 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Syndicat des forces hydrauliques, de l'Electrométallurgie, de l'Électrochimie et des industries qui s'y rattachent;
Syndicat professionnel des industries électriques;
Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France;
Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité;
Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité;
Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

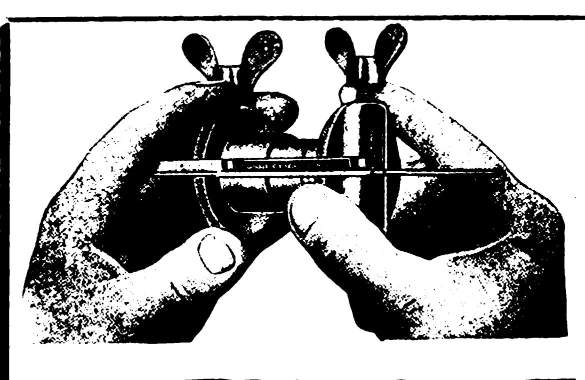
PARIS, GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

Administration :
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, 55.

Rédaction :
J. BLONDIN
171, Faubourg Poissonnière, 171.

La Revue paraît le 1er et le 3e vendredi de chaque mois.

Abonnement, Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — Le Numéro : 1 fr. 50.



Les jonctions rapides et sans soudure des fils et câbles sont réalisées économiquement par les

APPAREILS MORS

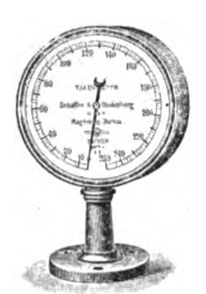
***Système* FODOR**

qui assurent une résistance mécanique irréprochable et un contact électrique parfait aux ligatures

STÉ D'ELECTRICITÉ MORS, 28, rue de la Bienfaisance
PARIS

Société anonyme au Capital de 1.000.000 de francs.

CATALOGUE COMPLET SUR DEMANDE



Société An. Française SCHAEFFER & RUDENBERG

AU CAPITAL DE 1000000 DE FRANCS.

Siège Social : 95, Boulevard Richard-Lenoir, PARIS

Demandez-nous nos tarifs spéciaux concernant les :

Manomètres Thermomètres :: Compteurs de tours :: Tachymètres

COMPTEURS D'EAU "WOLTMANN" POUR ALIMENTATION

Ventilateurs

ROBINETTERIE SPÉCIALE POUR VAPEUR SURCHAUFFÉE ET HAUTE PRESSION

Ils vous intéresseront certainement.

LA LUTÈCE ÉLECTRIQUE

Société Anonyme au Capital de fr. 500.000
Siège Social : 19, Rue Corbeau, PARIS Xe



DYNAMOS, MOTEURS

· TRANSFORMATEURS ·

toutes puissances et tous voltages

LAMPES A ARC

pour toutes applications

LAMPE

"EXCELLO-LUTÈCE"

par 2 et par 3 sur 110 volts.

La seule avec Garniture Fumivore réellement efficace.



LAMPE DIA-LUTÈCE

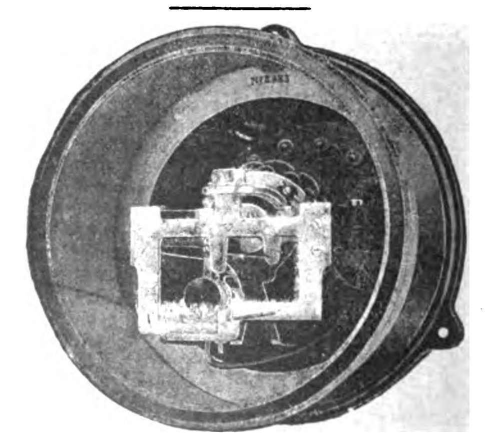
à charbons minéralisés en vase clos avec garniture fumivore efficace

DURÉE D'ALLUMAGE : 100 à 120 heures

APPAREILLAGE FERRANTI

Haute et Basse Tensions

Instruments de Mesure	Relais
Appareils de Tableaux	Tableaux de Distribution
Interrupteurs et Disjoncteurs	Appareillage pour Mines



Relais à retour de courant.

Le " MATERIEL ELECTRIQUE "

SOCIÉTÉ ANONYME

78, Rue d'Anjou, 78, PARIS. — *Téléph.* 216-39.

10e Année. — TOME XIX. N° 223. VENDREDI 4 AVRIL 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

SYNDICAT DES FORCES HYDRAULIQUES, DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE, DE L'ÉLECTROCHIMIE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT;
SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES;
SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES DU NORD DE LA FRANCE;
SYNDICAT PROFESSIONNEL DE L'INDUSTRIE DU GAZ (USINES ÉLECTRIQUES DU); SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ;
CHAMBRE SYNDICALE DE L'ÉCLAIRAGE ET DU CHAUFFAGE PAR LE GAZ ET L'ÉLECTRICITÉ;
CHAMBRE SYNDICALE DES ENTREPRENEURS ET CONSTRUCTEURS ÉLECTRICIENS.

PARIS, GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

Administration :
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, 55.

Rédaction :
J. BLONDIN
171, Faubourg Poissonnière, 171.

La Revue paraît le 1er et le 3e vendredi de chaque mois.

ABONNEMENT, Paris 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale . 30 fr. — Le Numéro : 1 fr. 50.

10e Année. — TOME XIX N° 224 VENDREDI 18 AVRIL 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Syndicat des forces hydrauliques, de l'Électrométallurgie, de l'Électrochimie et des industries qui s'y rattachent;
Syndicat professionnel des industries électriques;
Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France;
Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité;
Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité;
Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef.

Avec la collaboration de

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, Turpain, etc.

COMITÉ CONSULTATIF DE RÉDACTION :

MM. Chaussenot, P. Eschwège, E. Fontaine, R. Legouez, E. Sartiaux, Tainturier, Ch. de Tavernier.

COMITÉ DE PATRONAGE :

Guillain, Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Cordier, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Eschwège, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Marquisan, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Legouez, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Beauvois-Devaux, Trésorier de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Azaria, Administrateur délégué de la Cie générale d'Électricité.
D. Berthelot, Président de la Société d'Électricité de Paris.
Brachet, Directeur de la Cie d'éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées.
Brylinski, Directeur du Triphasé.
Carpentier, Membre de l'Institut, Constructeur électricien.
A. Coze, Directeur de la Société anonyme d'éclairage et de chauffage par le gaz de la Ville de Reims.
Harlé, de la Maison Sautter, Harlé et Cie.
Henneton, Ingénieur conseil.
Hillairet, Constructeur électricien.
Javaux, Président du Conseil, directeur de la Société Gramme.
F. Meyer, Directeur de la Cie continentale Edison.
Meyer-May, Directeur à la Société industrielle des Téléphones.
Mildé, Constructeur électricien.
Postel-Vinay, Constructeur électricien.
E. Sartiaux, Ingénieur électricien.
Sciama, Administrateur-Directeur de la Maison Bréguet.
Ch. de Tavernier, ancien Directeur du Secteur électrique de la Rive gauche.
Zetter, Directeur de l'appareillage électrique Grivolas.
E. Fontaine, Secrétaire de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

PARIS, GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

Administration :
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, 55.

Rédaction :
J. BLONDIN
171, Faubourg Poissonnière, 171.

La Revue paraît le 1er et le 3e vendredi de chaque mois.

Abonnement, Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — Le Numéro : 1 fr. 50.

10e Année. — TOME XIX. N° 225 VENDREDI 2 MAI 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Syndicat des forces hydrauliques, de l'Électrométallurgie, de l'Électrochimie et des industries qui s'y rattachent;
Syndicat professionnel des industries électriques;
Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France;
Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité;
Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité;
Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef.

Avec la collaboration de

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, Turpain, etc.

PARIS, GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

Administration :
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, 55.

Rédaction :
J. BLONDIN
171, Faubourg Poissonnière, 171.

La Revue paraît le 1er et le 3e vendredi de chaque mois.

Abonnement, Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — Le Numéro : 1 fr. 50.

NOTICES SUR DEMANDE

SOUPAPE ÉLECTRIQUE NODON

TRANSFORMATEUR STATIQUE DE COURANTS ALTERNATIFS EN COURANT CONTINU

Charge d'accumulateurs — Moteurs à courant continu — Treuils — Ascenseurs

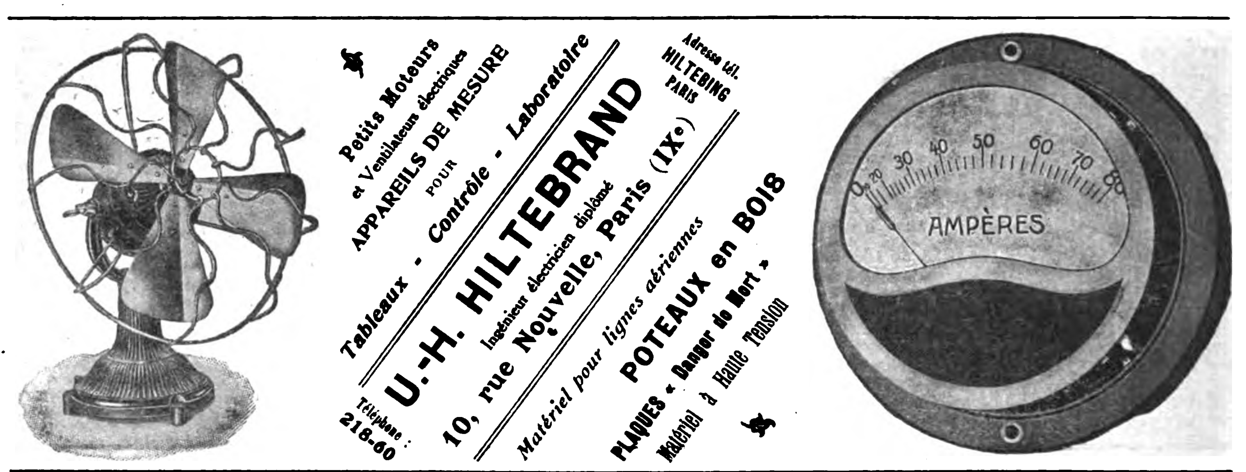
Lampes à arc — Projections — Cinématographe — sur courant alternatif

APPAREILS MORS système FODOR pour jonction instantanée des fils et câbles

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ MORS, 28, rue de la Bienfaisance, PARIS

Société Anonyme au Capital de 1000000 de francs.

NOTICES SUR DEMANDE

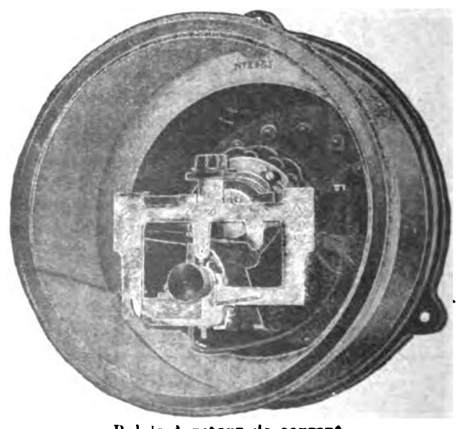




APPAREILLAGE FERRANTI

Haute et Basse Tensions

Instruments de Mesure	Relais
Appareils de Tableaux	Tableaux de Distribution
Interrupteurs et Disjoncteurs	Appareillage pour Mines



Relais à retour de courant.

Le " MATERIEL ELECTRIQUE "

SOCIÉTÉ ANONYME

78, Rue d'Anjou, 78, PARIS. — *Téléph.* 216-39.

10e Année. — TOME XIX. N° 226. VENDREDI 16 MAI 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Syndicat des forces hydrauliques, de l'Électrométallurgie, de l'Électrochimie et des industries qui s'y rattachent;
Syndicat professionnel des industries électriques;
Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France;
Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité;
Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité;
Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

Publiée sous la direction de J. **BLONDIN**, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef.

Avec la collaboration de .

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, Turpain, etc.

PARIS, GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

Administration :
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, 55.

Rédaction :
J. BLONDIN
171, Faubourg Poissonnière, 171.

La Revue paraît le 1er et le 3e vendredi de chaque mois.

Abonnement, Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale . 30 fr. — Le Numéro : 1 fr. 50.

10e Année. — TOME XIX   N° 227   VENDREDI 6 JUIN 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN
DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Syndicat des forces hydrauliques, de l'Electrométallurgie, de l'Électrochimie
et des industries qui s'y rattachent;
Syndicat professionnel des industries électriques;
Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France;
Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité;
Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité;
Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

Publiée sous la direction de **J. BLONDIN**, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef.

Avec la collaboration de

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau,
Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, Turpain, etc.

PARIS, GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

Administration :
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, 55.

Rédaction :
J. BLONDIN
171, Faubourg Poissonnière, 171.

La Revue paraît le 1er et le 3e vendredi de chaque mois.

Abonnement, Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale . 30 fr. — Le Numéro : 1 fr. 50.

NOTICES SUR DEMANDE

SOUPAPE ÉLECTRIQUE NODON

TRANSFORMATEUR STATIQUE DE COURANTS ALTERNATIFS
EN COURANT CONTINU

Charge d'accumulateurs — Moteurs à courant continu — Treuils — Ascenseurs
Lampes à arc — Projections — Cinématographe —
sur courant alternatif

APPAREILS MORS système **FODOR** pour jonction instantanée des fils et câbles

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ **MORS**, 28, rue de la Bienfaisance, PARIS
Société Anonyme au Capital de 1000000 de francs.

NOTICES SUR DEMANDE





Société Anonyme au Capital de fr. 500.000
Siège Social : 19, Rue Corbeau, PARIS X°



LAMPES A ARC
pour toutes applications

LAMPE
"EXCELLO-LUTÈCE"
par 2 et par 3 sur 110 volts.

La seule
avec Garniture Fumivore
réellement efficace.



LAMPE DIA-LUTÈCE

à charbons minéralisés en vase clos
avec garniture fumivore efficace

DURÉE D'ALLUMAGE : 100 à 120 heures

APPAREILLAGE FERRANTI

Haute et Basse Tensions

Instruments de Mesure	Relais
Appareils de Tableaux	Tableaux de Distribution
Interrupteurs et Disjoncteurs	Appareillage pour Mines



Relais à retour de courant.

Le " MATERIEL ELECTRIQUE "
SOCIÉTÉ ANONYME
78, Rue d'Anjou, 78, PARIS. — *Téléph.* 216-39.

[redacted]

10e Année. — TOME XIX. N° 228. VENDREDI 20 JUIN 1913.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

BULLETIN

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Syndicat des forces hydrauliques, de l'Électrométallurgie, de l'Électrochimie
et des industries qui s'y rattachent;
Syndicat professionnel des industries électriques;
Syndicat professionnel des industries électriques du nord de la France;
Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité;
Chambre syndicale de l'éclairage et du chauffage par le gaz et l'électricité;
Chambre syndicale des entrepreneurs et constructeurs électriciens.

Publiée sous la direction de **J. BLONDIN**, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef.

Avec la collaboration de

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, Turpain, etc.

COMITÉ CONSULTATIF DE RÉDACTION :

MM. Chaussenot, P. Eschwège, E. Fontaine, R. Legouez, E. Sartiaux, Tainturier, Ch. de Tavernier.

COMITÉ DE PATRONAGE :

Guillain, Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Cordier, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Eschwège, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Marquisan, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Meyer, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Beauvois-Devaux, Trésorier de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Azaria, Administrateur délégué de la Cie générale d'Électricité.
D. Berthelot, Président de la Société d'Électricité de Paris.
Brachet, Directeur de la Cie d'éclairage électrique du Secteur des Champs-Elysées.
Brylinski, Directeur du Triphasé.
Carpentier, Membre de l'Institut, Constructeur électricien.
A. Coze, Directeur de la Société anonyme d'éclairage et de chauffage par le gaz de la Ville de Reims.
Harlé, de la Maison Sautter, Harlé et Cie.
Henneton, Ingénieur conseil.
Hillairet, Constructeur électricien.
Javaux, Président du Conseil, directeur de la Société Gramme.
F. Meyer, Directeur de la Cie continentale Edison.
Meyer-May, Directeur à la Société industrielle des Téléphones.
Mildé, Constructeur électricien.
Postel-Vinay, Constructeur électricien.
É. Sartiaux, Ingénieur électricien.
Sciama, Administrateur-Directeur de la Maison Bréguet.
Ch. de Tavernier, ancien Directeur du Secteur électrique de la Rive gauche.
Zetter, Directeur de l'appareillage électrique Grivolas.
E. Fontaine, Secrétaire de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

PARIS, GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR

Administration :
GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins, 55.

Rédaction :
J. BLONDIN
171, Faubourg Poissonnière, 171.

La Revue paraît le 1er et le 3e vendredi de chaque mois.

Abonnement, Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale . 30 fr. — Le Numéro : 1 fr. 50.

SOMMAIRE DES PAGES II A XLVIII DU 20 JUIN 1913.

INDEX DES ANNONCES.



VOLTS
0
100
200
300
400
500
MAISON
ROUSSELLE
& TOURNAIRE
Société Anonyme - 52 Rue de Dunkerque PARIS
Seule Concessionnaire de la Sté SIEMENS & HALSKE
MESURES ÉLECTRIQUES

ISOLATEURS PORCELAINE

FERRURES GALVANISÉES

Pour toutes Applications Électriques

Exécution rapide sur plans et modèles

MANUFACTURE DE PORCELAINE U. CHAUFFIER

Ancienne Société Ch. Martel et L. Thomas

L. THOMAS, Successeur

A ESTERNAY (MARNE)



SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE DE DIVES

Société anonyme au capital de 20 000 000 de francs.

SIÈGE SOCIAL **: 11 *bis*, rue Roquépine, PARIS. — *USINES* à DIVES-SUR-MER (Calvados)**

Téléphone : **Central 69-28** *et* **Central 69-34.** *Adresse télégraphique :* **Tansécre-Paris.**

CUIVRE, LAITON, BRONZE, ÉTAIN

En tubes étirés, planches, barres et fils

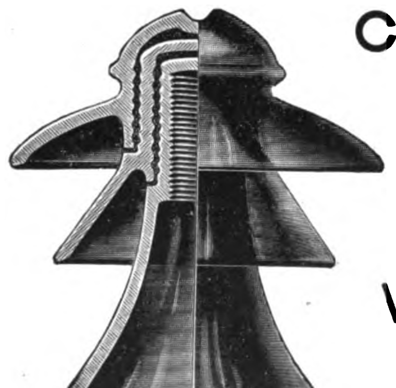
CONDUCTEURS NUS POUR CANALISATIONS ÉLECTRIQUES

TÉLÉGRAPHIE, TÉLÉPHONIE, TRANSPORT DE FORCE ET ÉCLAIRAGE

En cuivre de haute conductibilité en bronze et en bi-métal.

COINS POUR COLLECTEURS DE DYNAMOS. FILS ÉTAMÉS ET FILS MÉPLATS POUR PARATONNERRES

Hors concours, Membre du Jury aux Expositions : **Paris 1900, Liége 1905, Milan 1906, Marseille 1908.** — Grands Prix : **Turin 1911.**



CHARBONNEAUX & CIE

Verreries de Reims

FOURNISSEURS des POSTES et TÉLÉGRAPHES

et des Grandes Sociétés d'Électricité

Téléphone 198

ISOLATEURS EN VERRE "SPÉCIAL"

DES VERRERIES DE REIMS

Pour Basses et Hautes Tensions

AGENT A PARIS :

H. PARADIS.

26, rue du Rocher.

Téléph. 593-59

LABORATOIRE D'ESSAIS ÉLECTRIQUES A L'USINE

Transformateur à 200.000 volts

ACCUMULATEUR

FULMEN

POUR TOUTES APPLICATIONS

Bureaux et Usine à CLICHY. — 18, Quai de Clichy, 18

Adresse télégraphique : FULMEN CLICHY-LA-GARENNE TÉLÉPHONE : 511-86

OFFRES & DEMANDES D'EMPLOIS.

Syndicat professionnel des Industries électriques
(S'y adresser, 9, rue d'Édimbourg.)

A VENDRE de suite, par suite d'expropriation, **MOTEUR à gaz pauvre, 50 chevaux,** avec gazogène 80 chevaux. S'adresser Syndicat professionnel des Industries électriques.

OFFRES D'EMPLOIS.

485. G. A. (Paris). Demande jeune employé de bureau pour service de correspondance, etc.

486. G. A. (Paris). Demande agents commerciaux pour matériel de ventilation électrique dans diverses régions de province.

490. V. P. (Paris). Demande dessinateur pour plans de traction et un autre connaissant l'appareillage.

493. D. S. (Savoie) Demande ingénieur (A M) ayant quelques années de pratique pour conduire service installations éclairage, force, téléphone, sonneries, etc. Appointements suivant aptitudes. Situation d'avenir.

499. R. B. (Paris) Demande dessinateur pour bureau d'études d'installations.

511. C. N. (Tunis). Demande bon ouvrier téléphoniste pour installations, réparations, etc., situation stable (Tunisie).

520. C. I. (Paris). Demande bons monteurs pour ascenseurs.

521. M. B. (Rhône). Demande bon dessinateur très au courant des installations haute tension, ayant fait service militaire, pour bureau d'études.

525. L. S. (Paris). Demande ingénieur représentant connaissant très bien la haute tension pour visiter clientèle industrielle.

527. C. I. (Paris). Demande représentant pour voyager pour matériel électrique industriel, applications diverses.

528. M. B. (Lyon). Demande excellent monteur électricien très au courant des installations haute tension.

531. S. T. (Paris). Demande ingénieur et monteurs.

532. M. B. (Rhône). Importante maison de constructions d'appareillage électrique demande pour son service de publicité un ingénieur ayant le goût et les aptitudes nécessaires.

533. O. E. (Paris). Demande un ingénieur ayant une ou deux années de pratique industrielles pour bureau d'étude (calculs de réseaux).

534. O. (Demande un dessinateur ayant une ou deux années de pratique industrielle dans Société électrique autant que possible.

535. B. T. (Nord). Demande ingénieur électricien 22 à 26 ans pour voyager dans région Nord-Est.

536. E. M. (Paris). Demande personne susceptible de visiter avec intérêt les compagnies de chemin de fer et de tramways.

538 C. E. (Paris). Demande chef de bureau d'études bien au courant de l'appareillage pour maison de construction.

539. M. N. (Seine). Demande contremaître pour maison d'appareillage.

540. E. U. (Paris). Demande un jeune ingénieur pour étalonnage d'appareils de mesure.

540 *bis*. E. U. (Paris). Demande un très bon ouvrier pour faire réparations et aider à l'étalonnage.

541. I. B. (Paris). Demande ingénieur pour service Études dans maison de constructions d'appareillage électrique.

542. I. B. (Paris). Demande représentant placier pour Paris.

543. C. I. (Paris). Demande bon ouvrier monteur connaissant le tube.

544. O. R. (Paris). Demande dessinateur connaissant très bien la construction des moteurs électriques pour traction pour études.

DEMANDES D'EMPLOIS.

1273. H. G. (Paris). Recherche situation dans contrôle, essais, services de déplacement ou montage.

1288. M. J. (Paris). Ingénieur, demande emploi de début.

1335. C. A. (Paris). Demande situation, de préférence au service technique dans Société d'entreprises.

1366. B. L. (Paris). Recherche situation dans maison de construction, Service commercial ou technique.

1382. H. R. (Paris). Ingénieur demande emploi dans bureau études, installation ou exploitation d'usine ou secteur, Paris ou étranger.

1389. C. N. (Paris). Demande emploi de contremaître ou équivalent dans exploitation ou installation.

1391. M. T. (Paris). Demande emploi pour études et installation de réseau.

1397. M. N. (Ardèche). Demande emploi d'ingénieur chef de chantier pour entreprises lignes électriques, station centrale, chef de secteur.

1416. M. M. (M.-et-M.). Ingénieur E. S. E., ayant dirigé importante affaire de construction, nombreuses relations industrielles, prendrait représentation (région de l'Est), connaît l'allemand et l'anglais.

1432. D. L. (Paris). Ingénieur demande emploi service commercial, technique, projets, études, etc.

1469. S. H. (Suisse). Demande emploi pour diriger usine partie mécanique, entretien ou travaux de lignes électriques ou station centrale (France ou Algérie).

1481. G. G. (Paris) Demande emploi d'ingénieur petit directeur dans Société ou représentation industrielle intéressante.

1484. G. R. (Paris). Demande un emploi à l'entretien en province.

1493. R. F. (Savoie). Ingénieur électricien I. E. Lille, ancien préparateur, demande dans maison faisant des installations de réseau d'éclairage et force, pour faire projets, devis ou diriger travaux. Accepterait emploi chef d'exploitation de secteur.

1498. P. E. (Paris). Demande emploi Ingénieur électricien dans Industrie métallurgique.

1507. Q. L. (Oise). Demande emploi de chef de service dans maison d'installations ou société commerciale.

1508. K. N. (Paris). Ingénieur recherche situation dans contrôle, essais et travaux de montage.

1513. C. X. (Seine). Demande emploi électricien pour installations Paris ou banlieue.

1514. S. P. (Paris). Ingénieur demande emploi contrôle, vérification, etc.

1515. D. Z. (Paris). Ingénieur demande emploi dans appareillage d'électricité, très au courant des organisations, installations, exploitation de contrôle.

1516. M. J. (Seine-Inférieure). Demande emploi de chef d'usine ou direction de travaux d installations ou exploitation.

1517. C. M. (Nord). Demande emploi de début dans exploitation électrique.

1519. J. E. (Oise). Demande emploi de chef de service dans distribution ou direction petite centrale électrique, gaz, eaux, etc.

1520. M. M. (Paris). Demande emploi de contremaître dans un établissement ou dans usine.

1521. K. N. (B. P). Demande emploi d'ingénieur dans la région de l'Est.

1522. V. R. (Paris). Demande poste d'ingénieur dans construction de petit matériel ou service d'installation à titre de début. Province ou étranger (préférence Espagne).

1523. D. H. (Paris). Demande emploi de secrétaire technique pour aider directeur industriel électricien ou chef d'atelier ou d'entretien dans usine de construction (Paris seulement).

1524. (H. G.). Demande emploi d'ingénieur dans maison de construction électrique pour service commercial ou comme représentant pour Paris ou voyager de préférence à l'étranger.

Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.
(S'y adresser, 27, rue Tronchet.)

OFFRES D'EMPLOIS.

On demande employé dessinateur, pouvant faire plans et dossiers de demandes pour réseaux haute et basse tension et, au besoin, études et projets.

DEMANDES D'EMPLOIS.

2543. Ingénieur électricien mécanicien, parfaitement au courant de la production et de la distribution de l'Energie électrique (partie technique, commerciale et administrative) cherche situation d'avenir en France ou à l'étranger. Excellentes références.

2553. Ingénieur mécanicien électricien, connaissant le russe, le polonais, l'anglais, l'allemand, le français, cherche place. Diplômé des Ecoles belges. Bonne pratique industrielle, installations et direction de stations centrales, électrolyse de métaux. Meilleures références.

2555. Ingénieur électricien, diplômé de l'Institut électrotechnique de Toulouse, demande place d'ingénieur monteur pour installation de machines ou lignes.

2573. Monteur électricien demande place.

2591. Électricien demande emploi de chef dans un secteur ou usine importante ou de chef de dépôt dans une installation de tramways.

2594. Directeur d'usine et de travaux demande emploi de Directeur, chef d'usine ou chef de travaux. Connaît bien les services administratifs d'un secteur ou d'une usine en général, la haute et basse tension, appareils frigorifiques, etc. Accepterait également représentation industrielle sérieuse ou gérance d'une maison d'appareillage, électricité, gaz, eau.

ANCIENNE MAISON MICHEL & Cie

COMPAGNIE POUR LA

Fabrication des Compteurs

ET MATERIEL D'USINES A GAZ

Société Anonyme : Capital 8 000 000 de Francs.

PARIS — 16 et 18, Boulevard de Vaugirard — PARIS

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

MODÈLE B pour Courants continu et alternatif.
HG A MERCURE pour Courant continu.
O' K pour Courant continu.
A. C. T. pour Courants alternatif, diphasé et triphasé.

Compteurs suspendus pour Tramways.
Compteurs sur marbre pour tableaux. — Compteurs astatiques.
Compteurs à double tarif, à indicateur de consommation maxima, à dépassement.
Compteurs pour charge et décharge des Batteries d'Accumulateurs.
Compteurs à tarifs multiples (Système Mähl). — Compteurs à paiement préalable (Système Berland).

A. C. T. III.

Adresse télégraphique
COMPTO-PARIS

Téléphone
708.03 - 708.04



APPAREILS DE MESURES

Système MEYLAN-d'ARSONVAL

INDICATEURS & ENREGISTREURS pour courant continu et pour courant alternatif, thermiques et électromagnétiques.
Appareils à aimant pour courant continu.
Appareils Indicateurs à Cadran lumineux.
Fluxmètre Grassot, Ondographe Hospitalier. Boîte de Contrôle.

Voltmètres - Ampèremètres - Wattmètres

Exposition Internationale des Industries et du Travail de Turin 1911 :
GRAND PRIX.

OFFRES ET DEMANDES D'EMPLOIS (*Suite et fin*).

2595. Chef monteur électricien demande place stable dans exploitation, entretien, contremaître dans secteur; peut faire petites réparations mécaniques, de préférence dans le midi de la France ou principales villes d'Algérie.

2596. Ingénieur diplômé de l'Institut électrotechnique de Nancy demande emploi d'ingénieur électricien dans une usine de construction ou comme chef des installations électriques dans une entreprise industrielle, de préférence dans une station centrale de force et lumière.

2597. Ex-mécanicien de la marine, ayant eu la charge d'une centrale électromécanique à gaz et à vapeur de 10 000 chevaux dans grande usine métallurgique demande emploi similaire dans grosse centrale. Spécialiste des moteurs à combustion haute puissance. Connaît exploitation mines de fer. France ou étranger.

2598. Chef monteur électricien demande place.

2605. Ancien entrepreneur électricien au courant des installations particulières et industrielles : lumières, sonneries, téléphones, demande place de Directeur d'un petit secteur ou chef de service, ou contremaître dans une Compagnie.

2606. Ingénieur muni de très bonnes références, très au courant de l'appareillage électrique et de l'installation d'usines et d'appartements, connaissant courants continu et alternatifs, gaz pauvre, recherche situation en France.

2607. Mécanicien-électricien demande place (surveillance et entretien de nuit).

2608. Ingénieur électricien ayant un an de pratique technique et commerciale demande emploi dans bureau ou magasin.

2609. Monteur-électricien demande place.

2610. Chef d'usine, connaissant distribution à haute tension, demande place analogue.

2611. Chef électricien demande place comme surveillant dans usine électrique.

2612. Ancien chef d'atelier demande place de chef de service dans maison d'appareillage électrique. Meilleures références.

2614. Ingénieur électricien demande place dans usine électrique ou dans bureau d'études.

2615. Ingénieur électricien demande emploi dans bureau d'études de société de constructions ou d'exploitation électrique, ou dans bureau d'essais.

2616. Ingénieur I. E. N. récemment directeur d'une importante société de distribution d'énergie, au courant de la construction et de l'exploitation des réseaux haute tension, demande emploi analogue ou chef de service dans société d'exploitation.

2617. Jeune ingénieur au courant de l'établissement complet d'un secteur électrique ayant pratique technique et commerciale recherche situation, France ou étranger.

2618. Ex-quartier maître mécanicien théorique de la marine demande gérance ou direction d'un secteur de moyenne importance ou entretien, surveillance d'un service électrique.

2619. Ingénieur électricien au courant de la construction et de l'exploitation d'un réseau électrique demande place en France ou à l'étranger.

2620. Mécanicien demande place de dessinateur à Paris.

2621. Monteur électricien demande place dans usine.

2622. Chef d'usine, très au courant du montage des lignes aériennes et souterraines, installation et exploitation de secteurs haute et basse tension, demande place.

2623. Monteur électricien demande place.

2624. Ingénieur I. D. N. connaissant industrie des explosifs, métallurgie du zinc et plomb, fabrication des accumulateurs et produits chimiques, cherche situation dans l'industrie électrolytique. 33 ans.

2625. Mécanicien demande place de chef d'usine.

2626. Ingénieur au service commercial d'une maison d'appareillage et de construction de lignes, désire service technique dans maison analogue.

Société amicale des Ingénieurs de l'École supérieure d'Électricité.

(*S'y adresser, 14, rue de Staël, pour les renseignements, qui sont réservés pour les seuls anciens élèves de l'École*).

OFFRES D'EMPLOIS.

376. Société de constructions et d'installations électriques demande représentant ayant clientèle et connaissant bien la place de Paris. Fixe et commissions.

377. On demande pour Paris un ingénieur bon vendeur qui aura à s'occuper de la vente des pompes et de représentations de machines et appareils divers.

380. Importante société construisant des appareils pour signaux de chemins de fer, demande un jeune ingénieur pour son bureau d'études.

383. On demande un jeune ingénieur adjoint à l'exploitation d'un important secteur de la région du Sud-Ouest, 300 fr par mois.

384. On demande pour la direction d'une usine de câbles électriques, un ingénieur, de préférence ancien élève de l'École Polytechnique ou de l'École centrale et ayant de 5 à 10 ans d'industrie. Traitement : 500 fr à 600 fr par mois.

385. On demande un ingénieur pour assurer l'exploitation d'un petit secteur de la région de l'Ouest (usine à gaz et usine électrique). Appointements : 300 fr et logé.

386. On demande pour une Compagnie de mines (région du Midi), un ingénieur chargé des services extérieurs. Appointements : 300 fr à 400 fr, plus le logement et le chauffage.

387. Bureau de Paris d'une importante Société de constructions d'appareillage électrique, recherche un ingénieur représentant spécialisé dans le gros matériel et la haute tension et ayant si possible la pratique du service commercial à Paris.

389. On demande un ingénieur pour le service des projets d'une Compagnie de constructions électriques ayant son siège à Paris.

390. Maison de constructions électriques de la région du Sud-Est, cherche un jeune ingénieur E. S. E., de préférence ancien élève des Arts et Métiers pour surveiller la construction et diriger les essais de machines.

391. Maison de constructions électriques de Paris, cherche un jeune ingénieur pour son bureau d'études (200 fr à 250 fr).

Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.